

VŠB – Technická univerzita Ostrava  
Fakulta strojní  
Katedra mechanické technologie

Studie proveditelnosti implementace principu TOC v podmínkách provozu tepelného  
zpracování

Feasibility Study on Implementation of the TOC Principle of Operating Conditions of Heat  
Treatment

Student:

Bc. Jiří Jurčeka

Vedoucí diplomové práce:

Doc. Ing. Josef Novák, Csc.

V Ostravě 17. 4. 2011

Katedra mechanické technologie

# Zadání diplomové práce

Student:

Studijní program:

Studijní obor:

Téma: Studie proveditelnosti implementace principu TOC v podmínkách  
provozu tepelného zpracování  
Feasibility Study on Implementation of the TOC Principle of Operating  
Conditions of Heat Treatment

### Zásady pro vypracování:

1. Obecná charakteristika řešené problematiky.
2. Analýza podmínek provozu tepelného zpracování.
3. Vyhodnocení analýzy.
4. Vlastní návrhy řešení.
5. Zhodnocení přínosu práce.

### Seznam doporučené odborné literatury:

BASL, J., TŮMA, M., GLASL, V. *Modelování a optimalizace podnikových procesů*. Plzeň: ZÚ v Plzni, 2002. 140 s. ISBN 80-7082-936-2

HLAVENKA, B. *Projektování výrobních systémů: technologické projekty*. 3. vyd. Brno: CERM, 2005. ISBN 80-214-2871-6.

LÍBAL, V. A KOL. *Organizace a řízení výroby*. Vyd. 7. Praha: SNTL 1989. 559 s.

STEHLÍK, A., KAPOUN, J. *Logistika pro manažery*. 1. vydání. Praha: Ekopress, 2008. 269 s. ISBN 978-80-86929-37-8.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Josef Novák, CSc.**

Datum zadání: 17.12.2010

Datum odevzdání: 23.05.2011

prof. Ing. Jiří Hrubý, CSc.  
vedoucí katedry




prof. Ing. Radim Farana, CSc.  
děkan fakulty

## Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.

V Ostravě 23. 5. 2011


  
.....  
podpis studenta



Prohlašuji, že

- vypracoval jsem celou diplomovou práci samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.
- byl jsem seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.
- беру на вѣдомі, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou práci užít (§35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на вѣдомі, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě 23. 5. 2011

  
.....  
podpis studenta

## **Anotace diplomové práce**

JURČEKA, J. Studie proveditelnosti implementace principu TOC v podmínkách provozu tepelného zpracování. Ostrava: Katedra mechanické technologie, Fakulta strojní, VŠB-Technická universita Ostrava, 2011, 58 s. Diplomová práce, vedoucí Novák, J.

Diplomová práce je zaměřena na aplikaci jedné z metod TOC (Theori of Constraints) v podniku tepelného zpracování. Hlavním cílem by mělo být zvýšení průtoku materiálu a tím i kapacit pecí. Při podrobném zaměření na jednotlivé úseky materiálového toku identifikujeme úzká místa a použitím metody TOC dosáhneme jejich následné odstranění. Dále by měla poukázat na plánování pecí na tepelné zpracování.

## **Annotation of Thesis**

JURČEKA, J. Feasibility Study on Implementation of the TOC Principle of Operating Conditions of Heat Treatment. Ostrava: Department of Mechanical Technology, Faculty of Mechanical Engineering VSB-Technical University of Ostrava, 2011, 58 p. Thesis leader Novák, J.

Master thesis is targeted on application one of the method TOC (Theory of Constraints) in company of heat treatment. The main target should be increase material flow and thereby employ of the ovens. In particular alignment on individual partitions of material flow, we identify narrow places and by using method Theory of Constraints make the grade their resulting elimination. Further it should refer to planning ovens on heat treatment.

## Seznam použitých zkratk a symbolů:

TOC	Theori of Constraints	
OPT	Optimized Production Technology	
CTR	Current Reality Tree	
FRT	Future Reality Tree	
PrT	Prerequisite Tree	
TrT	Transition Tree	
UDE	Undesible Effekt	
DE	Desirable Effekt	
BSC	Balanced Scorecard	
JIT	Just is Time	
TQM	Total Quality Management	
MRP II	Manufacturing Ressource Planning	
m	Hmotnost	tuna
l (a)	Délka	mm
ø	Průměr	mm
Po	Příkon	kW
v	Rychlost	mm/s
P	Průměrná hodnota	
T	Teplota	°C
t	Čas	hod
HV	Zkouška tvrdosti podle Vickerse	
HRC	Zkouška tvrdosti podle Rokwella	
M	Tetragonální martenzit	
M <sub>K</sub>	Martenzit kubický	
A <sub>Z</sub>	Zbytkový austenit	
Cem	Cementit	
ε	Přechodový karbid	
S	Sorbit	

## Obsah

Úvod.....	- 1 -
1. Obecná charakteristika řešené problematiky .....	- 2 -
1.1 Historie TOC .....	- 2 -
1.2 Princip TOC .....	- 2 -
1.3 Principy zlepšení.....	- 5 -
1.3.1 Principy Sokratovské metody.....	- 5 -
1.3.2 Princip pěti kroků TOC.....	- 5 -
1.3.3 Princip kauzality: následek/příčina/následek (efekt/cause/efekt).....	- 8 -
1.3.4 Uplatnění technik TOC Thinking Process při přípravě změny podnikového informačního systému .....	- 9 -
1.4 Základní charakteristika OPT .....	- 12 -
1.7.1 Základní pravidla OPT.....	- 13 -
1.5 Srovnání ostatních metod s metodou TOC .....	- 14 -
1.8.1 Základní charakteristika metod řízení .....	- 14 -
1.8.2. Základní přístup jednotlivých metod .....	- 15 -
2. Analýza podmínek provozu tepelného zpracování .....	- 17 -
2.1 Pracoviště pálení.....	- 17 -
2.2 Pece na tepelnou úpravu materiálu .....	- 18 -
2.2.1 Popis zařízení .....	- 18 -
2.3 Kalící nádrže.....	- 19 -
2.3.1 Popis zařízení: .....	- 19 -
2.4 Pracoviště odkujení.....	- 19 -
2.5 Pracoviště rýsování .....	- 19 -
2.6 Doprava .....	- 20 -
2.6.1 Jeřáby typu jedna kočka, dva zdvihy .....	- 20 -
2.6.2 Jeřáby typu jedna kočka, jeden zdvih .....	- 21 -
2.6.3 Jeřáb typu dvě kočky, jeden zdvih.....	- 21 -



2.7	Pracoviště lisu.....	- 22 -
2.8	Popis možností tepelných úprav materiálu v podniku .....	- 22 -
2.8.1	Kalení:.....	- 22 -
2.8.2	Popouštění .....	- 27 -
2.8.3	Žihání .....	- 30 -
3.	Vyhodnocení analýzy.....	- 33 -
3.1	Identifikace úzkého místa.....	- 33 -
3.2	Maximální využití úzkého místa .....	- 35 -
3.3	Podřízení všeho v systému (podniku) tomuto omezení (úzkému místu) .....	- 43 -
3.3.1	Kalící pece.....	- 43 -
3.3.2	Popouštěcí pece .....	- 46 -
3.3.3	Pece na ošetření po dokování .....	- 49 -
3.3.4	Žihání .....	- 52 -
3.4	Rozšíření tohoto úzkého místa .....	- 52 -
3.5	Návrat k prvnímu kroku.....	- 52 -
4.	Vlastní návrhy a řešení .....	- 53 -
5.	Závěrečné zhodnocení práce .....	- 54 -
6.	Seznam příloh .....	- 57 -

## Úvod

V dnešním období, kdy se světová ekonomika zotavuje z celosvětové krize, jsou také velké firmy u nás nuceny přistupovat ke změnám. Manažeři firem, kteří tyto změny předvídají a musí podniknout určité opatření a změny ku prospěchu věci, tak aby i nadále udrželi svou prosperitu. I proto se v dnešní době vyvíjí nové a manažerské teoretické směry, které zdokonalují řídicí procesy. V diplomové práci budu jeden tento teoretický směr přímo aplikovat do podniku. Bude se jednat o novou manažerskou metodu, která se nazývá teorie omezení (TOC).

Počátky TOC se zrodili díky Eliyahu M. Goldrattovi, který vymyšlením výrobní a plánovací metody Optimized Production Technology, položil základy TOC. V dnešní době se již tato metoda stala úplnou manažerskou filozofií, která při správné aplikaci, cíleně směřuje podnik k prosperitě.

Hlavní myšlenkou TOC je to, abychom odstranili omezení, které se v podniku zjistí a docílili tak např. zvýšené efektivity práce, v našem případě zvýšení toku materiálu.

Cílem této diplomové práce je aplikovat jednu z metod TOC do skutečného podniku a ukázat následné řešení daného problému. Dalším úkolem je naznačit správné schéma plánování strojů, které přímo souvisí s daným problémem.

# 1. Obecná charakteristika řešené problematiky

V této kapitole bych chtěl stručně popsat historii tohoto teoretického směru, jeho principy fungování (aplikace), jednotlivé metody, včetně metody, která byla na počátku vzniku tohoto teoretického směru (OPT) a na závěr srovnání s jinými manažerskými metodami.

## 1.1 Historie TOC

Historie Teorie omezení (Theory of Constraints), dále jen TOC, se datuje do období před 32 lety, tedy do roku 1979, kdy izraelský fyzik Dr. Eliyahu M. Goldratt přesně použil logické zásady vědeckého postoje na nesnáze svého kamaráda a vlastníka firmy na výrobu klecí pro drůbež. Nepotřeboval ve svém výsledném projektu žádné zavedené metody vyplývající z manažerských a ekonomických teorií. Vyvinul úplně novou teorii, která je vybudována na systémovém přístupu, přísných logických zásad a tzv. selském rozumu.[3]

Od výše zmíněného strohého uvedení popisu vzniku TOC bych se přesunul k představení základních myšlenek, nástrojů a možností, kde se dá využít TOC. TOC je v některých zemích považována stále za novou teorii a postoj k ní je důležitý. V podstatě se TOC zakládá na systémovém omezení. *„Tato skutečnost je doprovázena aurou novátorství a požadavky po paradigmatické změně manažerských věd, zejména pak manažerského účetnictví či metrik provozního řízení.“* (Jones, a další, 1998). Literatura, která se zrodila na základě aspektů TOC, kterými jsou např. jednoduchost, originalita, novota atd., a která se ji snaží pochopit, uvést do nových souvislostí, ztvárnit, použít a zdokonalovat. Momentální podoba TOC se zrodila díky činné produkci tvůrce Eliho Golgratta, manažerské zručnosti a akademického vývoje při recipročním postupu působení a historického rozvoje. Dalším krokem bych chtěl ukázat srovnání s ostatními manažerskými metodami, které ukazují špatné místa v TOC. [6], [7]

## 1.2 Princip TOC

Metoda TOC používá systémový přístup a klade důraz na hlavní vstupy a především výstupy systému podniku z pohledu světové optimalizace. Soustřeďuje se především na to, jak funguje celek, ale i na funkci jednotlivých částí. Společnému cíli je nutné podřídít jednotlivé části systému, který si daný systém určil, tak aby dosáhl jeho splnění. Jak metriky,

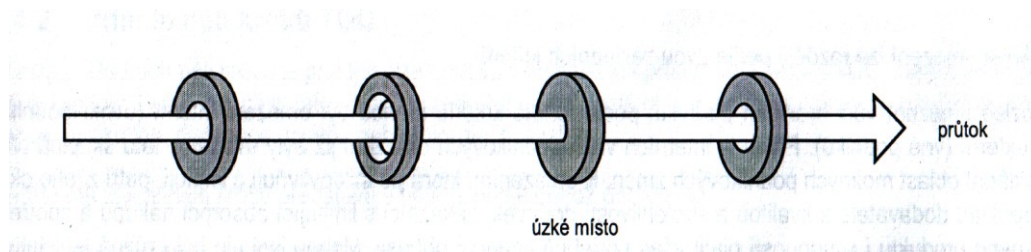
tak i metody řešení problémů spolu s jejich nástroji odpovídají tomuto celosvětovému pohledu. [1]

*Přístup TOC předpokládá, že:*

- *každý systém má cíl, kterého chce dosáhnout,*
- *je stanoven způsob měření dosažení tohoto cíle,*
- *úsilí systému dosáhnout tohoto cíle je limitováno jedním hlavním omezením,*
- *systém jako celek je tak více než pouhý počet jeho částí. (Basl, a další, 2008 str. 228)*

[1]

Kdyby všechny systémy nebyly omezovány při dosahování svého vytyčeného cíle, mohli by tohoto cíle dosahovat v neomezené míře. Zde si je nezbytné říci, že je nutno každý systém podrobně analyzovat a jasně určit, co je opravdové omezení. Abychom docílili maximálního průtoku, museli bychom z pohledu TOC v podniku v danou chvíli odstranit vždy jedno nebo několik základních omezení. Zde bych uvedl jednoznačný příklad úzkého místa v podniku na toku produktů (výrobků, služeb nebo informací), které krok po kroku obíhají při zpracování jednotlivými firemními úseky. Pokaždé (jestliže je omezení uvnitř firmy) bude jeden z těchto úseků pro tento tok z pohledu své disponibilní kapacity omezující. I proto z důvodu tohoto úzkého místa, nedocílíme na konci výrobního řetězce větší průtok produktů z firmy. [1], [2]



Obr.1.5-1 Omezení určuje velikost průtoku v podniku

Zdroj: Basl, a další, 2003 (str. 35)

Toto úzké místo – omezení (viz obr. 1) – má negativní rys, protože jeho maximální odbyt určuje celkový odbyt firmy. Zvýšení průchodnosti v celé firmě a tím pádem i jeho průtoku dosáhneme tak, že navýšíme kapacitu daného úzkého místa. Pokud bychom se podívali na věc z druhé strany, tak přerušení práce v tomto úzkém místě, by měla za následek nižší průtok firmy. „Tato situace je někdy v TOC popisována „ztracená minuta na úzkém místě (omezení) je ztrátou celého systému.“ (Basl, a další, 2003 str. 36) [2]

Úzké místa můžeme identifikovat na různých místech ve firmě. Příklady lze nalézt ve výrobě, v rámci podniku i v celém dodavatelském řetězci (viz tabulka 1).

Oblast	Omezení
<b>Výroba</b>	Stroj – kapacitně úzké místo Špatně zvolené výrobní dávky
<b>Podnik</b>	Jednotlivá oddělení podniku Finanční prostředky podniku Podniková kultura Umístění podniku v rámci dodavatelského řetězce
<b>Dodavatelský řetězec</b>	Jeden z podniků řetězce Kooperace podniků Podniková kultura

Tab. 1.5-1 Příklady podnikových omezení

Zdroj: Basl, a další, 2003 (str. 36)

#### **Podniková omezení lze rozdělit podle dvou základních kritérií:**

1. Pozice omezení vůči hranicím podniku: můžou být dvojí a to interní a externí. Hlavní okruh možných firemních změn tvoří části interních vnitropodnikových omezení. Mezi externí omezení podniku, která firmu ovlivňuje a vystavuje jí určité meze, řadíme především dodavatele s kvalitou a spolehlivostí dodávek, zákazníky způsobilé platit včas za naše produkty a ty, kteří pohltní naši nabídku. Mezi další omezení bych řadil různá legislativní opatření a nařízení. [2]
2. Fyzická reálnost omezení: by se dalo rozčlenit na hmotná omezení a nehmotná omezení. Mezi hmotné (fyzické) omezení řadíme různé výrobní stroje a zařízení s kapacitou, která je nedostatečná pro zvýšení průtoku, mezi případy nehmotných omezení lze jmenovat špatné vyřešení problémů zaměstnanců při přijímání rozhodnutí nebo špatně definované podnikové procesy. Praxe TOC hlavně ukazuje na tato nehmotná omezení. Mezi nejtěžší překážky pro rozhodování o změně řadíme chování lidí, kteří nechtějí měnit své návyky. Oproti odstranění hmotných omezení, je rozeznání a následné odstraňování těchto lidských chyb daleko složitější. V podstatě většina omezení se rodí na základě vykonávané činnosti a promítá se do pravidel, které si člověk za určitý čas vymyslel. [2]

## 1.3 Principy zlepšení

Metoda TOC realizovaná ve firmě dodává postup řešení změn a zlepšení a obsahuje několik hlavních zásadních přístupů – principů a technik. „Mezi tyto základní stavební prvky metody TOC patří:

- *použití sokratovské metody dotazování,*
- *princip tzv. pěti kroků TOC (five focusing steps),*
- *techniky postavené na principech kauzality následek/příčina/následek (effect/cause/effect):*
  - *diagramy (stromy), které slouží k identifikaci toho, co, na co a jak změnit,*
  - *technika diagramu konfliktu (někdy též označovaného jako diagram mizejícího mraku, evaporating cloud), zobrazující kořeny problémů. “*

*(Basl, a další, 2003 str. 37) [2]*

### 1.3.1 Principy Sokratovské metody

Sokratovská metoda byla používána již ve starověkém Řecku, kdy je její autor filozof Sokrates používal ve své výuce. Její princip je v kladení správných otázek učitelem žákům s úmyslem vnuknout jim nápady na možném řešení, které však objevují samotní žáci. V podstatě to znamená, že žáci správnou odpověď neznají, ale jsou na ně kladeny otázky do té doby, než sami naleznou odpověď. Při správné aplikaci této metody, si člověk nalézá úspěšné řešení sám pro sebe. Tato metoda ukazuje jeden ze způsobů vnímání a zobrazování reality, pátrání po konfliktu a jeho následující vyřešení.

První hlavní důležitou součástí celkového návrhu při řešení problematiky pomocí metody TOC je aplikovat tento postup tak, aby uskutečněné změny ve společnosti vyloučili možné obavy a odstranili mezilidské bariéry. [2]

### 1.3.2 Princip pěti kroků TOC

Princip pěti kroků se zaměřuje na více oblastí v podniku. Mezi tyto oblasti řadíme prodej, marketing, výroba, finance, rozdělování nebo informační systém. Princip pěti kroků patří do všech dílčích přístupů metody TOC. [2]

*„Těchto pět základních kroků představuje návod, podle něhož dochází k:*

- *identifikaci omezení systému (1. krok),*
- *maximálnímu využití daného omezení (2. krok),*
- *podřízení všeho v systému (podniku) tomuto omezení (3. krok),*
- *odstranění omezení (4. krok),*
- *jestliže bylo omezení odstraněno, cyklus se opakuje návratem zpět k zásadě uvedené v 1. kroku (5. krok).“ (Basl, a další, 2003 str. 37) [2]*

Nejdůležitější je tedy určení omezení v přístupu TOC, které - jak jsem výše popsal - by mohlo být buď interní/externí nebo hmotné/nehmotné. Druhý krok je o maximalizaci výrobních kapacit tohoto úzkého místa. Ve třetím kroku následuje podřízení všech jednotlivých úseků danému omezení, protože se znovu prosazuje celkový pohled na firmu a vymezují se postupy, které mají za cíl vybrat nejlepší varianty z mnoha dílčích cílů. To také může mít za příčinu jejich menší využití a z lokálního pohledu menší efektivnost. [2]

Po té co splníme všechny tyto tři kroky, měli by naše další cíle směřovat k odstranění těchto identifikovaných úzkých míst. Tímto ale konec ještě není. V posledním pátém kroku se v podstatě kompletní proces jistým způsobem směřuje k návratu do prvního kroku. Tento pátý krok zastává v metodě TOC mnohem důležitější roli než jenom takové uzavření pomyslného okruhu. Jestliže se na něj podíváme i z druhého pohledu, tak tento krok nás informuje o tom, že s neustále se měnícím okolním prostředím není možné, aby existovala trvalá, konečná, definitivní a stálá řešení. V opačném případě je hloupé a nežádoucí, když si podnik myslí, že se nepotřebuje dále zlepšovat a nacházet další úzké místa. Jak by řekl laik „aby podnik neusnul na vavřínech“. Velký důraz metoda TOC klade na to, aby se základním podnikovým omezením nestalo její uspokojení z jednoho odstranění úzkého místa. [2]

Jako ukázka pro oblast výroby, projektového řízení a celkové úrovně podniku znázorňuje následující tabulka těchto základních pěti kroků.

	<b>Výroba</b>	<b>Projektový management</b>	<b>Podnik</b>
<b>1. Identifikace omezení systému</b>	- disponibilita materiálem, - kapacita strojů	- zdroje projektu, - znalosti řešitelů	- trh, - podniková kultura, - motivace lidí
<b>2. Rozhodnutí o využití omezení systému</b>	- nulové ztráty materiálu a kapacit, - vhodná údržba zařízení,	- trvalé využití limitního zdroje	- eliminace ztrát v místě omezení
<b>3. Podřízení všeho rozhodnutí v kroku 2</b>	- začlenění vhodných rezerv materiálu a času	- užití vhodných časových rezerv k ochraně omezení projektu, - zamezení rozptylování klíčového zdroje	- podrobení se společným omezením
<b>4. Rozšíření systémového omezení</b>	- lepší odolávání materiálu, - obstarání nového stroje	- nový zdroj pro rozšíření omezení	- zlepšení marketingu, - trénink personálu
<b>5. Pocit uspokojení se nesmí stát novým omezením</b>	- trvale věnovat pozornost hlavním omezením výroby	- trvale věnovat pozornost hlavním omezením projektu	- trvale věnovat pozornost hlavním omezením podniku

Tab. 1.6.2-1 Příklady aplikace principů „pěti kroků TOC“ v podniku

Zdroj: Basl, a další, 2003 (str. 38) [2]

Pro určitý druh informačních systémů se vztahují výše zmíněná pravidla a závislosti. Pokud správně aplikujeme metodu TOC respektive princip „pěti kroků“ ve velké míře tím pomáháme ke správným změnám informačních systémů. Zvyšuje se rychlost vývoje těchto změn, ale hlavně se správným směrem investují peníze na nejlepší varianty řešení. Tímto způsobem docílíme návratnosti financí, které jsme investovali na zvýšení úzkého místa a právě inovace podnikových informačních systémů má rostoucí důležitost. [2]



*„Princip pěti základních kroků TOC tvoří důležitý základ pro rozhodování, ale existují ještě dva důležité „předběžné kroky“. Ty bychom mohli v návaznosti na pětistupňovou škálu označit jako:*

- *stanovení cíle systému (krok 0),*
  - *způsobem měření pokroku směrem k dosažení cíle (krok 0,5).“*
- (Basl, a další, 2003 str. 39) [2]*

Tyto dva předběžné kroky zdůrazňují vzájemné spojení mezi hledáním úzkého místa a jeho vazbou na určitý cíl. Bez upřesnění záměru a jeho pozdějšího zjištění výsledku by nebylo reálně možné splnit první krok – identifikovat omezení. [2]

### **1.3.3 Princip kauzality: následek/příčina/následek (efekt/cause/efekt)**

Při aplikování principů kauzality bychom se spíše měli snažit o vyřešení inovativního zdokonaleného myšlenkového pohledu na danou firemní skutečnost, než se zabývat samovolnou aplikací.

Mimo metody správného kladení otázek pomáhá i aplikování určitých zásad popisu problému, omezení i jeho následné vyřešení na základě kauzality. *„Přitom je používána implikační logika, kdy se postupně střídá následek/příčina/následek. Takto vzniklé diagramy (stromy) pomáhají uspořádat a vizualizovat na první pohled mnohdy složité situace.“* (Basl, a další, 2003 str. 39) Další důležitou prioritou tohoto postupu je vyhledat další, původně nepojmenované věci k řešení a stavy, které však zákonitě vycházejí z přísné kauzální logiky. [2]

V diagramech se používají dva základní prvky:

- $\longrightarrow$  vazba „jestliže – pak“ („if – then“)
- $\bigcirc$  logický operátor „and“

Šipka ukazuje vazbu mezi příčinou a následkem. Elipsy dále ukazují možnost momentální existence dvou příčin pro jistý následek, přitom pro jeho zrození musí být splněny obě podmínky. Tento souhrn podmínek se využívá při vypracovávání řešených věcí, kdy pro přerušení logických následků máme možnost vyloučit některého ze daných předpokladů.

#### **1.3.4 Uplatnění technik TOC Thinking Process při přípravě změny podnikového informačního systému**

##### Diagramy Thinking Process

*Pro oblast analýzy, vizualizace a inicializace změny IS jsou důležité nástroje TOC označené jako Thinking Process, které modelují stávající a budoucí realitu v přesné kauzalitě, a to formou tzv. stromů (trees):*

- *při mapování současného stavu a identifikaci hlavního problému lze uplatnit strom současné reality (Current Reality Tree - CRT),*
- *při zachycení požadovaného stavu a hlavních žádoucích efektů lze uplatnit strom budoucí reality (Future Reality Tree – FRT),*
- *při specifikaci možných překážek navrhovaného zlepšení a jejich řešení lze uplatnit strom předpokladů (Prerequisite Tree – PrT) a*
- *při řešení specifikace dílčích kroků řešení s určením nutných podmínek i očekávaných výsledků lze uplatnit strom přechodu (Transition Tree – TrT).*

*(Basl, a další, 2008 str. 230) [1]*

V podstatě diagramy stromů pomáhají nalézat odpovědi na tři zásadní otázky:

- Co změnit – úkolem je nalezení zásadního úzkého místa (omezení) v současném stavu.
- Na co to změnit – úkolem je nastolit budoucí konečný stav, který toto omezení odhaluje.
- Jak to změnit – úkolem je vyhotovit reálný plán změny ze současného stavu do stavu budoucího, i s naznačením možných překážek a důležitých předpokladů. [1]

Průběh při tvorbě následujících diagramů je velmi účinný a efektivní pro návrh strategie a plánu změny, i když je nutné, aby kolektiv, který bude tuto problematiku řešit, dostal na vyhotovení určitý čas. [1]

### Strom současné reality – CRT

Pomocí SWOT analýzy získáme informace, se kterými klidně můžeme pracovat a použít je na zhotovování stromu současné reality (CRT). Seznam určitých nežádoucích účinků může pocházet z výstupů SWOT analýzy (Undesible Effekt – UDE) – viz obr. 1.6.4-1, které jsou důležitým prvkem pro identifikaci zásadního problému v rámci stromu současné reality (CRT). U tohoto pátrání jsou nejdříve jednotlivé účinky UDE sloučeny do kauzálního vztahu

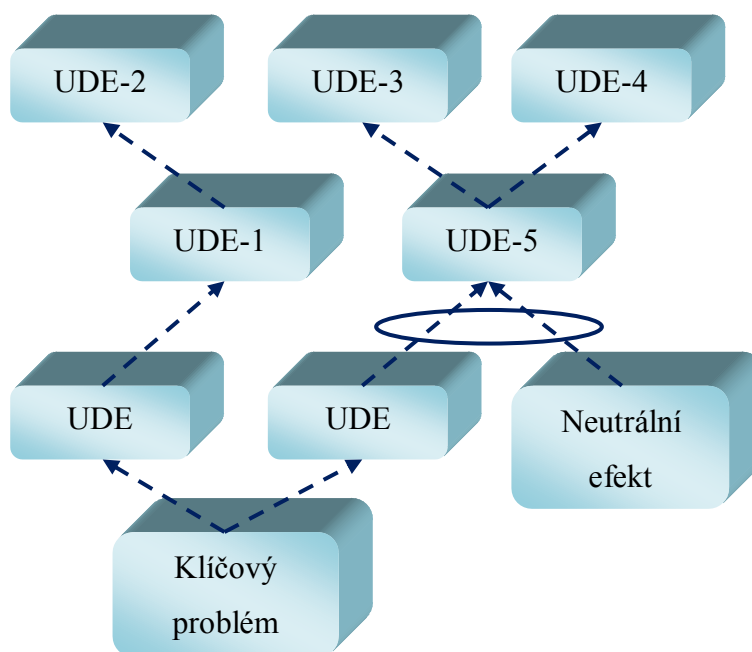
příčina → následek,

který může být následně doplněn tak, aby se mohl zrodit kompletní strom, v jehož dolní části je zásadní problém, z něhož vyplývají ostatní výše vytvořené nežádoucí účinky. [1]



Obr. 1.6.4-1 Nežádoucí efekty - výstup ze SWOT a vstup do CRT

Zdroj: Basl, a další, 2008 (str. 230) [1]



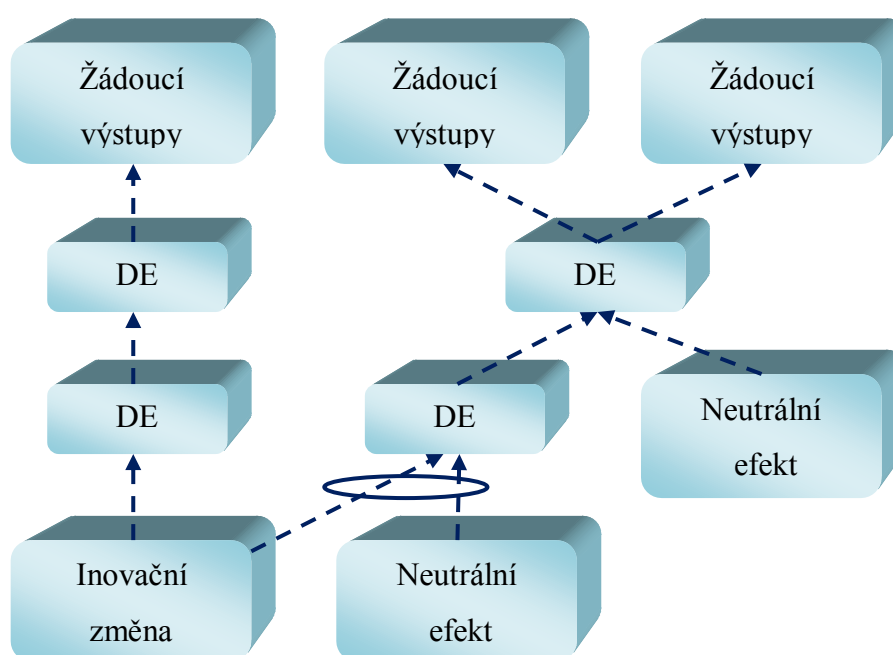
Obr. 1.6.4-2 Strom současné reality a identifikace klíčového problému

Zdroj: Basl, a další, 2008 (str. 230) [1]

Tento klíčový problém (obr. 1.6.4-2) v rámci CRT je pak podkladem pro hlavní inovační změnu, která slouží jako východisko ve struktuře stromu budoucí reality (FRT). [1]

## Strom budoucí reality – FRT

*Pro sestavení stromu budoucí reality a jeho žádoucích jevů (Desirable Effekt – DE) resp. žádoucích vstupů, je vhodné aplikovat dimenze známé z metody BSC (Balanced Scorecard). (Basl, a další, 2008 str. 231) Žádoucí výstupy v peněžním vyjádření jsou u FRT nejvýše postavené. Níže uvedené jsou (uživatelské) žádoucí jevy, o stupeň níže nalezneme procesní DE a ještě o stupeň níže leží jevy „růstu“ uskutečnění inovací informačního systému, resp. jeho částí. Žádoucí efekty a výstupy znázorňují také kvalitní podklad pro získávání výsledků změny, resp. sestavení metrik pro vyhodnocení jevů a přínosů inovace podnikového informačního systému. [1]*



Obr. 1.6.4-3 Strom budoucí reality s inovační změnou

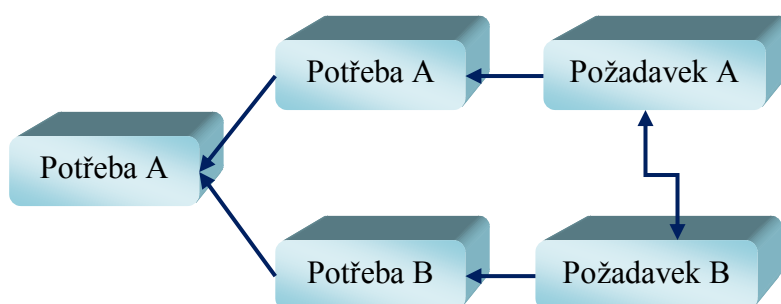
Zdroj: Basl, a další, 2008 (str. 231) [1]

K podrobnější přípravě budoucího stavu můžeme použít ještě další diagram, který v podstatě slouží jako rozšíření stromu současné reality. Jeho název zní strom předpokladů (Prerequisite Tree). Tento strom také dodává chybějící informace pro FRT. Tyto informace se týkají předpokladů, které umožňují provést změnu k lepšímu potřebným doplněním (tzv. injection). K dokončení FRT dále používáme i zpracování tzv. negative branches, tzn. předpokládaných negativních důsledků, které by mohly vzejít ze změn, které jsme v podniku způsobili a znovu navrhnout jakým způsobem je odstranit. FRT je tak rozšířen o další dvě možné oblasti žádoucích cílů. [1]

### Diagram konfliktu

Při přípravě a uskutečňování projektů nalezne uplatnění, kromě diagramů stromů i diagram konfliktu, kterému se taky někdy říká mrak. Diagram stejně jako stromy používá kauzální logiku a je sestaven z pěti částí (obr. 1.6.4-4):

- jednoho společného cíle (common objective), pro jehož absolvování je nutné splnit
- potřeby A a B (needs) obou stran a také
- požadavky A a B (wants). [1]



Obr. 1.6.4-4 Struktura diagramu konfliktu

Zdroj: Zdroj: Basl, a další, 2008 (str. 232) [1]

## 1.4 Základní charakteristika OPT

Teorie omezení se nejdříve prosadila v oboru realizace softwaru pro optimalizaci ve formě tzv. progresivního plánování a rozvrhování. Proslulé jsou hlavně aplikace OPT (Optimised Production Technology).

Metoda OPT ukazuje nejenom SW výsledek, ale celkem hodně pozoruhodný přístup. OPT není v přesném významu jen klasickou optimalizací. *OPT předpokládá, že fiktivní plánování je praktickým řešením plánování výrobního systému a zdůrazňuje potenciál, který spočívá v rozpoznání úzkých a neúzkých míst a řízení toku materiálu výrobní dílnou* (Basl, a další, 2008 str. 150). OPT bere následně v potaz dobu pro nastavení nebo vyladění stroje, velikost dávky, rozložení a přednosti úkazů podle postupu jejich nahodilosti. OPT při svém výše zmíněném postoji potom vyzvedává i nákladové příčiny tohoto přístupu. [1]

### **1.7.1 Základní pravidla OPT**

Podnikům má k dosažení jejich vytčeného záměru tj. podle určitého způsobu vytvořit peněžní prostředky do firmy, pomocí 10 předpisů, které jsou postaveny na principech OPT. Na správné plánování ukazuje 8 předpisy a další 2 předpisy jsou potřebná k doзору před tradičními postoji k měření výkonnosti. [1]

OPT rozděluje dva typy zdrojů:

- Úzkoprofilové (bottleneck) - omezují množství výrobků, které může podnik vyrobit  
- stroje, speciální nářadí nebo odborník
- Neúzkoprofilové (non-bottleneck) [1]

### **10 pravidel OPT**

1. Pravidlo	Využití (vytíženost) neúzkého místa není určena jeho kapacitou (potenciálem), ale jiným omezením systému.
2. Pravidlo	Vytíženost a aktivace zdroje nejsou totéž.
3. Pravidlo	Hodina ztracená na úzkém místě je ztrátou celého systému.
4. Pravidlo	Hodina ušetřená na neúzkém místě nemá smysl – je jen iluzí.
5. Pravidlo	Úzká místa určují propustnost a výši zásob v systému.
6. Pravidlo	Dopravní látka by neměla (a v mnoha případech nesmí) být rovna výrobní dávce.
7. Pravidlo	Výrobní dávka by neměla být fixní, ale proměnlivá.
8. Pravidlo	Kapacity a priority by měly být uvažovány souběžně a ne sekvenčně.
9. Pravidlo	Je potřebné vyrovnávat tok materiálu ne kapacity.
10. Pravidlo	Suma lokálních optim není rovna optimu celku.

Tab. 1.7.1-1 10 pravidel OPT

Zdroj: Basl, a další, 2008 str. 150

Princip OPT můžeme přirovnat k řetězu, u kterého prošetřujeme celkovou pevnost nikoliv hmotnost. Protože u celkové pevnosti platí, že je rovna pevnosti nejslabší části. Všechno je zacíleno na identifikaci nejslabší pozice „mozaiky“ s úsilím ji maximálně využít.

Z pohledu OPT nejsou neúplně využitelné stroje problémem, pokud nepřivodí čekání slabého místa. To způsobuje rychlost průtoku kompletním výrobním režimem. [1]

Investice by se měli vkládat do slabých článků řetězce, kde to povede, jak k ušetření času a zvýšení průtoku materiálu, tak také k nárůstu příjmů. V opačném případě investice do strojů, které nemají plné kapacitní využití, by byla chyba. [1]

## **1.5 Srovnání ostatních metod s metodou TOC**

V první řadě se metoda TOC rozšířila pod značkou OPT (Optimized Production Technology). Metoda TOC se dostala na trh v období, kdy se oznamoval tvrdý nástup nově vzniklých manažerských přístupů v oboru průmyslu. Realizace softwarových systémů, které byly vytvořeny pomocí metody MRP II (Manufacturing Ressource Planning), byly posléze doplněny i dalšími metodami. Nejzvučnější místo si mezi nimi obsadili následující dvě metody – JIT (Just in Time) a TQM (Total Quality Management)

*Metodu TOC tak lze zařadit mezi hlavní tři manažerské směry řízení podniků v osmdesátých a devadesátých letech minulého století, tzn. do trojice metod:*

- *Just in Time (JIT),*
- *Total Quality Management (TQM),*
- *Theory of Constraints (TOC).*

*(Basl, a další, 2003 str. 43) [2].*

Tyto výše zmíněné metody lze považovat za rozhodující. Ani jedna z nich neplatí pouze pro jednu část firmy, ve které by se uskutečňovalo maximální nasazení. Ba dokonce to má opačný efekt. Všechny jistým stylem mění a upravují zásady řízení firmy, a to jasnými dopady na obměnu firemní kultury i ve spolupráci firmy s jeho okolím. Tyto tři metody se od sebe liší v přístupu, nastolení klíčového problému i jeho následném řešení. [2]

### **1.8.1 Základní charakteristika metod řízení**

- Metoda JIT se hlavně soustředí na snížení materiálových zásob. V podstatě to znamená dodání materiálů ve správný čas, na správné místo, ve správném množství a kvalitě. Důležité pro tuto metodu je spolehlivost dodavatelů. [2]

- Metoda TQM se v první řadě zaměřuje na získání potřebné kvality produktu. Nejde ale o proces statického postupu řízení jakosti. Zásadní je jaké ztráty jsou z nekvality výrobků, služeb, postupů, kde se nachází optimální jakost produktu. [2]
- Metoda TOC se původně soustředí na úzká místa ve výrobních procesech. Ukazuje zcela nový nezvyklý styl řešení problémů a styl myšlení, který posiluje smysl a úkol zdravého rozumu. [2]

TOC v oblasti řízení výroby vychází z údajů, používaných taky pro vyřešení úlohy posloupnosti konečného počtu elementárních kroků u MPR II, což se už méně používá u JIT nebo TQM. Metoda TOC u ostatních částí systému, které nespádají do úzkého místa, neapeluje tolik na přesnost dat. Hlavní úsilí věnuje informacím, týkající se rozeznáváním úzkého místa. [2]

#### **1.8.2. Základní přístup jednotlivých metod**

- Metoda TOC svým základním principem utlumuje vlastnost procesu, tzn. daný stav je určen stavem předcházejícím. Změnu pocítuje jako způsob zlepšení nebo zlepšování. Oproti tomu metoda MRP II se jeví opačně tedy deterministicky. *Na základě dat, která považujeme pro uvažované časové úseky za stabilní, docházíme k obrazům příští skutečnosti a nebereme v potaz případné silné rušivé vlivy (Basil, a další, 2003 str. 44).* [2]
- Metoda TOC se snaží docílit maximálního průtoku úzkým místem. TOC se nesoustřeďuje na místa, které nejsou plně kapacitně využívány a nejsou ztrátové. Vidí v nich totiž přínos. Pojistné zásoby TOC směřuje totiž před úzká místa a důsledně organizuje jejich chod. U JIT také vidíme snahu, aby na každém postu u svého systému, mohli detailně řídit zásoby. [2]
- Podstatou metody TQM je dosažení zvýšení kvality všech složek systému. Metoda TOC vyhledává složky systému, které po zlepšení, zaručí zvýšení kvality úplného režimu nebo jeho nejdůležitějších rysů. Všechny správně provedené změny na úzkém místě, by se měli okamžitě pozitivně projevit. [2]

Výsledek snahy o srovnání metod MPR II, JIT, TOC a TQM jsou následující. Metoda MPR II nezná žádný způsob, jak aktivně působit na zvyšování průtoku. Při realizaci se



většinou sjednocuje s implementací nákladového účetnictví, tzn. řízení podle lokálních optim. U zbylých tří metod (JIT, TQM a TOC) se jeví snaha o účinné zlepšení firmy, jejich procesů a bezproblémového chodu. V podstatě jejich společnou věcí je zvyšování průtoku, ale každá má k tomu jiný nástroj. Další pozitivní společnou věcí je růst čistého zisku a návratnost investic. To záleží přímo na zvyšování se průtoku a snižování se výrobních nákladů a investic. Rozdílný je pohled na šance a dlouhodobé vývojové tendence do budoucnosti. [2]

## 2. Analýza podmínek provozu tepelného zpracování

Diplomová práce se zaměřuje na průtok materiálu v kalírně. V kalící hale se nachází několik pracovišť, které následně jednotlivě představím a podrobně popíšu.

### Pracoviště, které se nelézají ve výrobní hale:

- pracoviště pálení,
- vysokoteplotní pece (21 pecí),
- kalící nádrže (4 nádrže),
- pracoviště odkujení,
- pracoviště rýsování,
- doprava.

### 2.1 Pracoviště pálení

#### Výrobní možnosti pálení

Proces pálení mohou využívat následující stroje, které jsem i s jejich parametry sepsal do následující tabulky pro názornost. Pracoviště pálení je umístěno v rohu kalící haly z důvodu odvodu par a nečistoty z tohoto technologického procesu.

Označení pálícího stroje	Parametry pálícího stroje	
	šířka x délka mat. [mm]	tloušťka [mm]
1	3 000 x 10 000	1 200
2	3 200 x 12 400	1 500
3	3 200 x 12 400	1 500

Tab. 2.5-1 Technické parametry pálícího stroje

Zdroj: Informace od společnosti

## 2.2 Pece na tepelnou úpravu materiálu

### 2.2.1 Popis zařízení

V kalící hale je 21 pecí a všechny jsou v provozu. Jejich technické parametry jsou popsány v následující tabulce. V příloze č. 1 této diplomové práce naleznete i jejich uspořádání.

Pec číslo	Jmenovité rozměry			Nosnost ( t )
	Délka ( mm )	Výška ( mm )	Šířka ( mm )	
2	7500	1250	2400	60
3	7500	1200	2400	60
4	7500	1250	2400	60
5	10400	1700	3680	120
6	10180	1850	3750	110
8	10180	1800	3750	110
9	11000	2000	4000	120
10	11000	2000	4000	120
11	11000	2000	4000	120
12	3400	1000	1300	30
13	3400	1000	1500	30
15	4600	1100	1400	40
16	12500	2400	4500	270
17	10600	1800	3700	240
18	10500	2100	3700	240
19	10400	2700	4400	240
20	13000	1650	4000	300
21	7300	1200	2700	60

Tab. 2.1.1-1 Parametry pecí

Zdroj: Informace od společnosti

## 2.3 Kalicí nádrže

### 2.3.1 Popis zařízení:

V hale pro tepelné zpracování se nachází 6 kalících nádrží. Médium kalících nádrží je buď olej, nebo voda. Jednotlivé rozměry nádrží jsou uvedeny v tabulce. V ní je také uvedena dovolená objemová hmotnost materiálu pro kalení.

Umístění	Jmenovité rozměry / technologické možnosti			Poznámka
	šířka mm	délka mm	hloubka mm	
10 – 11 pece	2000 / 1800	15000 / 10000	4000	max.20t, olejová
5 – 8 pece	3000 / 2900	9000 / 8800	9000	max.20t, vodní
	3000 / 2900	6000 / 5900	4000	max.20t, vodní
2 – 4 pece	3000 / 2900	6000 / 5900	9000	max.20t, olejová

Tab. 2.2.1-1 Rozměry kalících nádrží

Zdroj: Informace od společnosti

## 2.4 Pracoviště odkujení

Na následujícím pracovišti se provádí odstranění okují z materiálu, který byl tepelně zpracováván. Okuje vznikají na povrchu materiálu a jsou to opálené kousky materiálu. Okuje spolu s kovářskou struskou (tu tvoří popel a zbytky paliva) se spékají do škvárovité hmoty.

## 2.5 Pracoviště rýsování

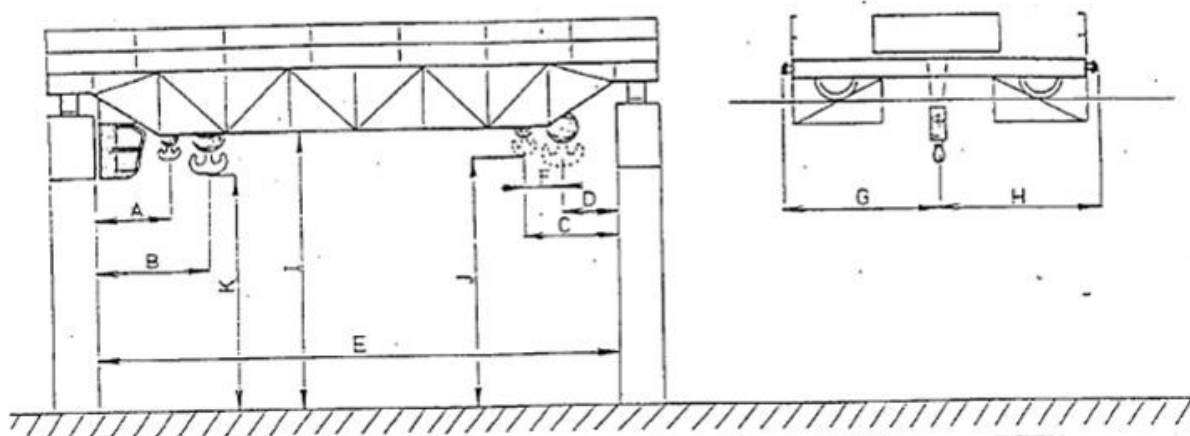
Na pracovišti rýsování se orýsují kusy, které jdou následně na obrábění. Na tomto pracovišti je ze zákona ČSN EN 12 464 (norma pro světlo a osvětlení ve vnitřních budovách) předepsané mít minimálně 1000 – 1500 lx.

## 2.6 Doprava

Doprava po hale se provádí 2 způsoby. V prvním způsobu se dovoz a odvoz materiálu provádí po kolejích na vagónech. Druhý způsob je pomocí jeřábové dopravy. V kalici hale se nachází několik jeřábů o různé nosnosti, které jsem uspořádal do následující tabulky. Rozmístění jednotlivých jeřábů je uvedené v příloze č. 1. spolu s jejich rozměry.

### Parametry jednotlivých jeřábů

#### 2.6.1 Jeřáby typu jedna kočka, dva zdvihy



Obr. 2.7.2-1 Jeřáb (jedna kočka, dva zdvihy)

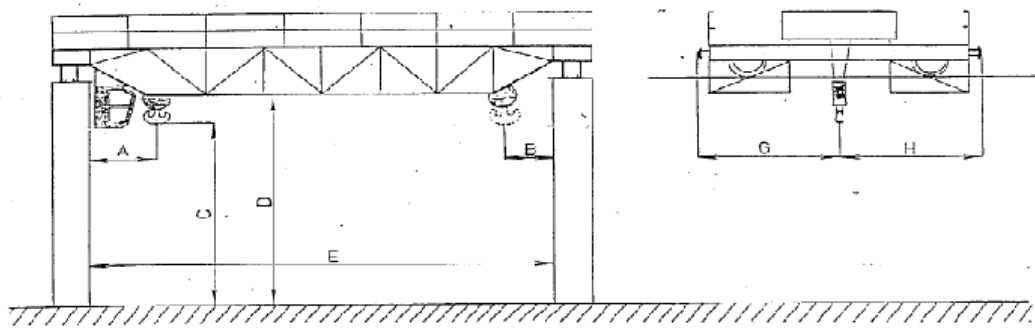
Zdroj: Informace od společnosti

	Označení jeřábu							
	Číslo 1	Číslo 2	Číslo 3	Číslo 4	Číslo 5	Číslo 6	Číslo 7	Číslo 8
<b>Umístění</b>	4. hala	3. hala	3. hala	2. hala	2. hala	2. hala	1. hala	příč.hala
<b>Nosnost</b>	30/8 t	30/8 t	40/10 t	16/5 t	32/8 t	100/25 t	60 t	32/8 t

Tab. 2.7.2-1 Parametry jeřábů (jedna kočka, dva zdvihy)

Zdroj: Informace od společnosti

### 2.6.2 Jeřáby typu jedna kočka, jeden zdvih



Obr. 2.7.3-1 Jeřáb (jedna kočka, jeden zdvih)

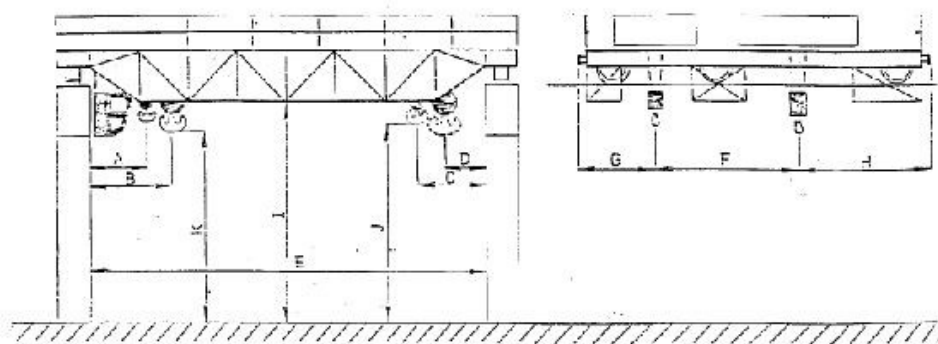
Zdroj: Informace od společnosti

	Označení jeřábu				
	Číslo 8	Číslo 9	Číslo 10	Číslo 11	Číslo 12
<b>Umístění</b>	5. hala	5. hala	2. hala	1. hala	1. hala
<b>Nosnost</b>	12,5 t	60 t	5 t	32/8 t	15 t

Tab. 2.7.3-1 Parametry jeřábů (jedna kočka, jeden zdvih)

Zdroj: Informace od společnosti

### 2.6.3 Jeřáb typu dvě kočky, jeden zdvih



Obr. 2.7.1-1 Jeřáb (dvě kočky, dva zdvihy)

Zdroj: Informace od společnosti

Nosnost: 50/25 t

Umístění: kalírna 3. hala

## 2.7 Pracoviště lisu

Na tomto pracovišti se provádí úpravy jednotlivých kusů, které se při tepelném zpracování různě zdeformují.

### Hlavní technické parametry lisu 100 MN

Lisovací síla	10000 t při tlaku 460 atp
Lisovací rychlost	80 mm / min pro 1 plunžr
Rychlost plunžru při plnění 22 atp	50 mm / sec
Rychlost přestavení horního příčnicku	1300 mm / min
Max. zdvih spodních plunžrů	1000 mm
Max. zdvih horního příčnicku	1800 mm
Výšková světlost mezi horní a spodní lis. deskou	2100 mm
Světlost mezi sloupy	4340 x 1400 mm
Max. příkon čerpadel P	180 kW

Tab. 2.8-1 Technické parametry lisu

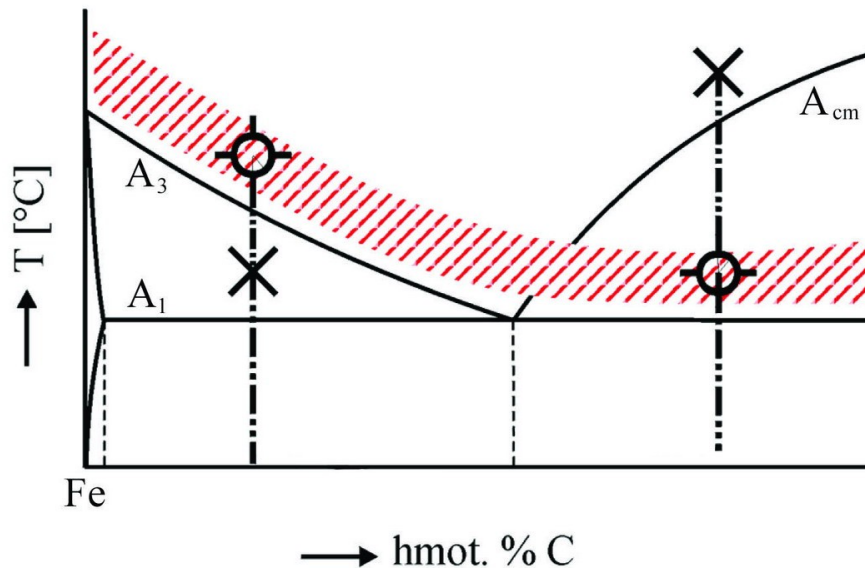
Zdroj: Informace od společnosti

## 2.8 Popis možností tepelných úprav materiálu v podniku

### 2.8.1 Kalení:

Podstata kalení spočívá ve zvýšení tvrdosti ocelí. Při tomto způsobu tepelného zpracování se ohřívá materiál na teplotu  $A_{C3}$  ( $860^{\circ}\text{C}$ ) popř.  $A_{C1}$  ( $727^{\circ}\text{C}$ ), výdrž na této teplotě a pak následné ochlazování kritickou rychlostí. Tímto způsobem se zamezí vzniku feritu a perlitu. Austenit, který zůstal při teplotách pod  $500^{\circ}\text{C}$  se změní v bainit nebo martenzit. Kalicí teplota tedy musí ležet nad překrystalizačními teplotami ocelí, z důvodu toho, aby před kalením byla struktura nadeutektoidních ocelí směsí cementitu s austenitem a struktura

podeutektoidních ocelí homogenním austenitem. Z toho plyne, že správné teploty se volí u ocelí nadeutektoidních 30 – 50 °C nad  $A_{C1}$  a u ocelí podeutektoidních 30 – 50 °C nad  $A_{C3}$ . Vznik martenzitu nebo bainitu je typickým charakterem pro kalení, musí být rychlost ochlazování rychlejší než kritická rychlost ochlazování. [8]



Graf 2.9.1 – 1 Oblast vhodných kalících teplot v diagramu Fe - Fe<sub>3</sub>C

Zdroj: Podklady ze společnosti

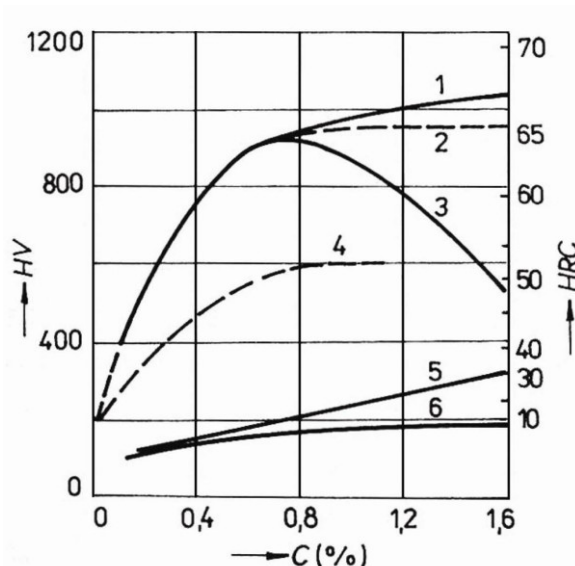
- ...správná kalící teplota
- ×...nesprávná kalící teplota

Nyní bych chtěl objasnit několik pojmů ohledně metody kalení.

### Kalitelnost

Cílem je způsobit oceli k dosažení vyšší tvrdosti. Maximální tvrdost oceli po kalení závisí hlavně na obsahu uhlíku. Oceli, které obsahují méně než 0,2% uhlíku označujeme za nekalitelné. Naopak oceli co mají více než 0,35% uhlíku shledáváme dobře kalitelnými. Nižší hodnoty obsahu uhlíku v ocelích bývají jen u slitinových ocelí. Nejvyšší tvrdost martenzitu se pohybuje okolo HV=950 a HRC=66. [8]





### Vysvětlivky:

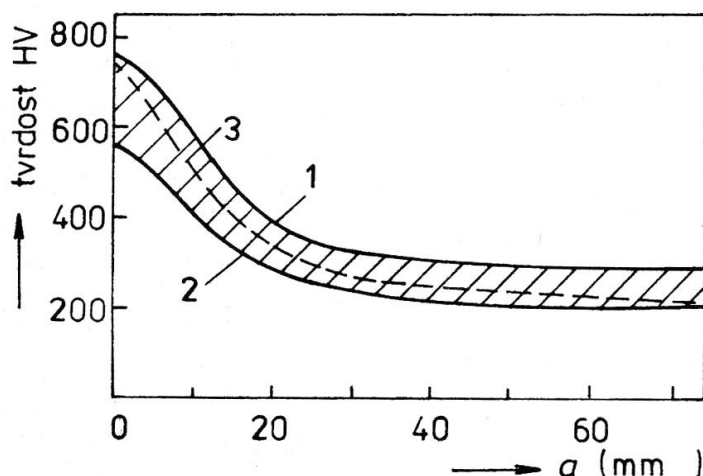
- 1... maximální hodnoty tvrdosti po kalení (100% martenzitu),
- 2... po kalení z teploty nad  $A_{C1}$ ,
- 3... po kalení z teploty  $A_{C3}$ ,
- 4... 50% martenzitu ve struktuře,
- 5... po normalizačním žhání,
- 6... po žhání na měkko (zrnitý perlit).

Graf 2.9.1-2 Vliv obsahu uhlíku na rozpouštění v austenitu na tvrdost uhlíkatých ocelí

Zdroj: [8]

### Prokalitelnost

Cílem je schopnost materiálu dosáhnout kalením určité tvrdosti v určité hloubce při 50% obsahu martenzitu ve struktuře. Je tu i značná závislost na množství legujících prvků a také na velikosti astenického zrna. Zde platí čím větší zrno a více legujících prvků, tím lepší prokalitelnost, ale na úkor mechanických vlastností. [8]



### Vysvětlivky:

- 1,2 ... hranice pásu prokalitelnosti,
- 3 ... křivka prokalitelnosti

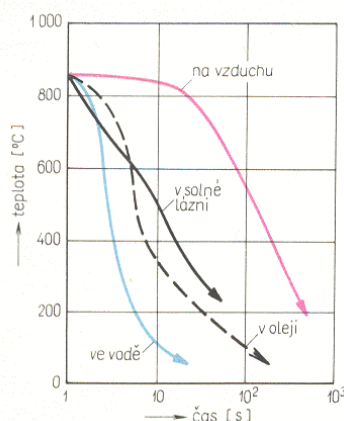
Graf 2.9.1-3 Pás prokalitelnosti oceli

Zdroj: [8]

## Kalící prostředí

V podniku máme tři možnosti způsobu kalení. Rozdělují se podle možnosti typu ochlazování. Pokud potřebujeme vyvinout vysokou intenzitu ochlazování u ocelí s malou prokalitelností, tj. s krátkým časem ponoření do média dle diagramu ARA, volíme kalící nádrž s vodou. V opačném případě, když potřebujeme vyšší prokalitelnost u ocelí, dostatečně nám poslouží kalící prostředí, které nepůsobí tak intenzivně, tj. olej nebo vzduch. [8]

- a) **Voda** – patří mezi nejstarší způsoby kalení. Je to nejrychlejší a nejlevnější způsob ochlazování. Tento princip má tři stupně ochlazování. V prvním stupni ochlazení není souvislé, protože zpomalení způsobuje parní film, který po potopení materiálu ohřátého na teplotu kalení vznikne okolo. Největší rychlost ochlazování nastává ve druhém stupni, kdy spadne teplota materiálu na hodnotu cca 400 °C, kdy se parní film poruší, v posledním stupni znovu rychlost ochlazování upadá. [8]
- b) **Olej** – je o hodně mírnější médium, než je voda, a proto také vzniká uvnitř materiálu menší pnutí. Princip ochlazování je na stejný způsob jako u vody. Liší se jen tím, že největší ochlazovací rychlost nastává na teplotě 500 °C, protože se parní film rychleji poruší. Intenzita ochlazování v olejové lázni bývá asi 10x menší než u vody. Kalící olejové lázně, ve kterých se nachází především minerální oleje, se ohřívají zpravidla na teplotu 50 °C. [8]
- c) **Vzduch** – je nejpomalejší kalící médium. Používá se u rozměrných materiálů, které se dají hluboko prokalit, např. rychlořezné oceli. Chlazením materiálu na vzduchu získáme malé vnitřní pnutí, ale hrozí tu, že může dojít k nebezpečí oduhličení. [8]



Graf 2.9.1-4 Průběh ochlazování oceli v jednotlivých lázních

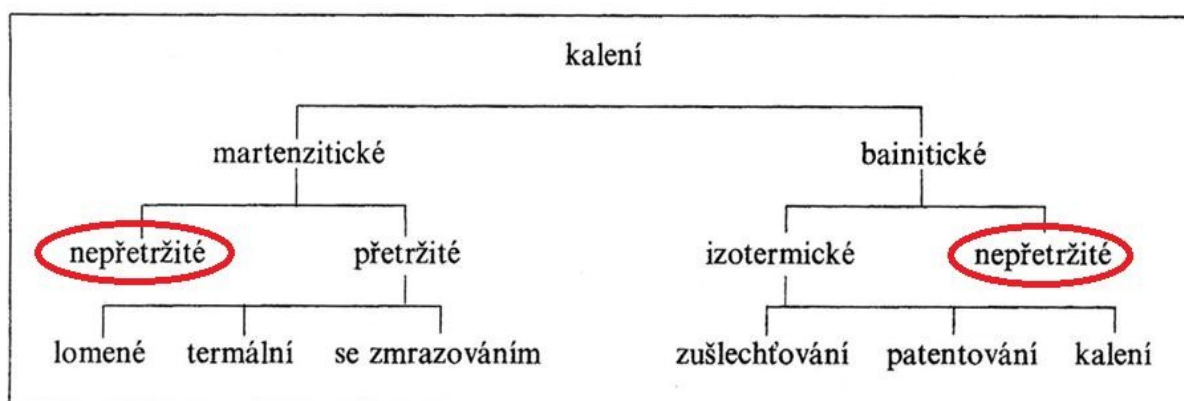
Zdroj: [8]

## Způsoby kalení

Firma provádí ve své kalírně dva způsoby kalení, kterými jsou:

- a) Martenzitické - nepřetržité,
- b) Bainitické - nepřetržité.

V níže uvedeném rozdělení způsobů jsem tyto dva způsoby zakroužkoval červeně. A pak následně popsal.

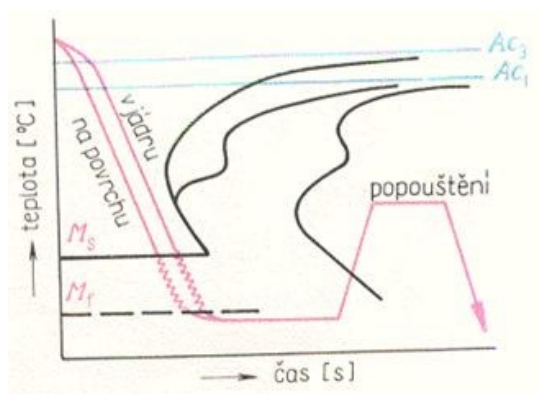


Obr. 2.9.1-1 Přehled způsobu kalení oceli

Zdroj: Podklady ze společnosti

### a) Martenzitické nepřetržité kalení:

Klasický postup kalení. Ohřátí materiálu na teplotu vyšší než  $A_{C3}$  popřípadě  $A_{C1}$ , výdrž na této teplotě aby se docílilo homogenního austenitu a následné ochlazení v kalícím médiu (voda, olej nebo vzduch). [8]

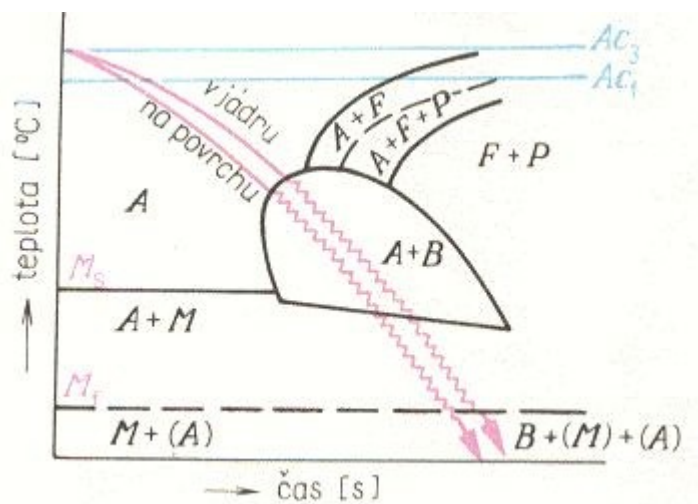


Graf 2.9.1-5 Nepřetržité kalení

Zdroj: [8]

## b) Bainitické nepřetržité kalení:

Spočívá v dostatečně rychlém plynulém ochlazování po ohřátí na teplotu po austenizaci na kalicí teplotu. Tento postup zajistí rozpad austenitu a následně vznikne buď bainit, nebo směs bainitu a martenzitu. Po tomto způsobu kalení většinou následuje popouštění (středně a výše legované oceli se může popouštět vícekrát). Používá se pouze u ocelí s předsunutou bainitickou oblastí v ARA diagramu. [8]



Graf 2.9.1-6 Bainitické nepřetržité

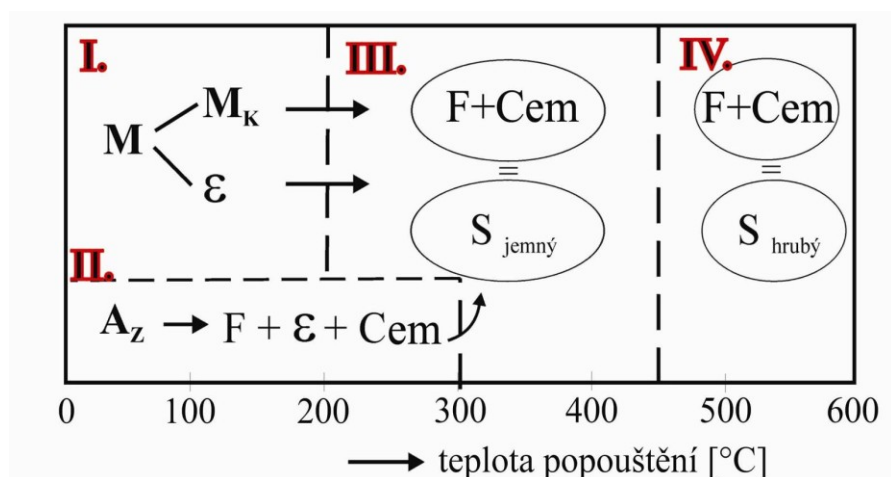
Zdroj: [8]

Se způsobem tepelné úpravy kalení je spojena další tepelná úprava a to popouštění, které následně vám popíšu.

### 2.8.2 Popouštění

Po kalení oceli do martenzitické struktury, ocel obsahuje určité vnitřní pnutí, mimo to je hodně tvrdá a také velmi křehká. Martenzitická struktura má tvar jehlic a nazývá se tetragonální martenzit. Popouštěním se odstraní křehkost a také vnitřní pnutí. Může se tím získat i houževnatá struktura. [8]

## Stadia popouštění



Tab. 2.9.2-1 Stadia popouštění

Zdroj: Podklady ze společnosti

## Vysvětlivky:

M ... tetragonální martenzit

M<sub>K</sub> ... martenzit kubický

A<sub>Z</sub> ... zbytkový austenit

Cem ... cementit

ε ... přechodový karbid

S ... sorbit

Teplota	Stadia popouštění
80-200 °C	Z martenzitu tetragonálního vzniká kubický martenzit.
200-300 °C	Zbytkový austenit se rozpadá na bainit.
200-450 °C	Úplný rozpad martenzitu do hodně jemné struktury feritu a cementitu. Vzniká jemný sorbit.
450 °C-A <sub>1</sub>	Vznik hrubého sorbitu. Vysoká pevnost a houževnatost. Struktura s kuličkovým cementitem ve feritu.

Tab. 2.9.2-2 Fáze při popouštění

Zdroj: [8]

Popouštění se rozděluje do dvou skupin:

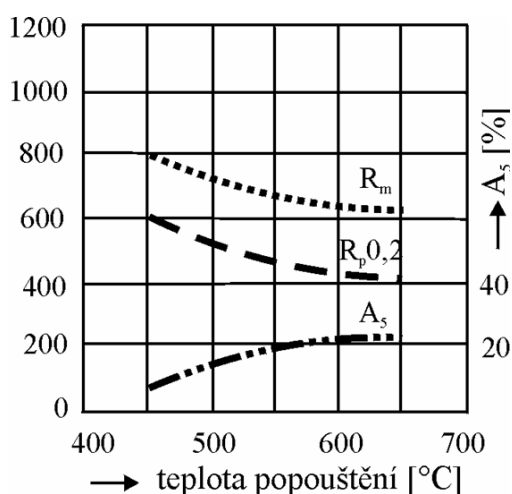
- a) Popouštění za nízkých teplot do 350 °C:
  - Někdy se používá název napouštění. Jejich použití se aplikuje u nástrojových ocelí.
- b) Popouštění za vysokých teplot od 350 °C až do 700 °C:
  - Tomuto principu spojeným s kalením se nazývá zušlechťování.

Firma v kalící hale provádí popouštění za vysokých teplot.

### Vysokoteplotní popouštění (zušlechťování):

Cílem je získání vysoké tvrdosti, meze kluzu a odolnosti proti únavě materiálu při vysoké houževnatosti. Hlavní podmínkou při zušlechťování je prokalení materiálu v celém průřezu, aby nedocházelo k poklesu mechanických vlastností. K tomu bychom zmírnili deformace, nám zaručí větší mez kluzu a vyšší odolnost proti křehkému porušení proti rázům, a tím dosáhneme zvýšením vrubové houževnatosti. [8]

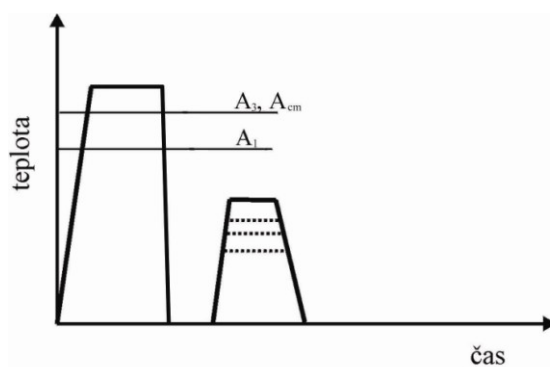
**Zušlechťovací diagram**



Graf 2.9.2-1 Diagram zušlechtění

Zdroj: Podklady ze společnosti

**Schéma zušlechťování**



Graf 2.9.2-2 Schéma zušlechťování

Zdroj: Podklady ze společnosti

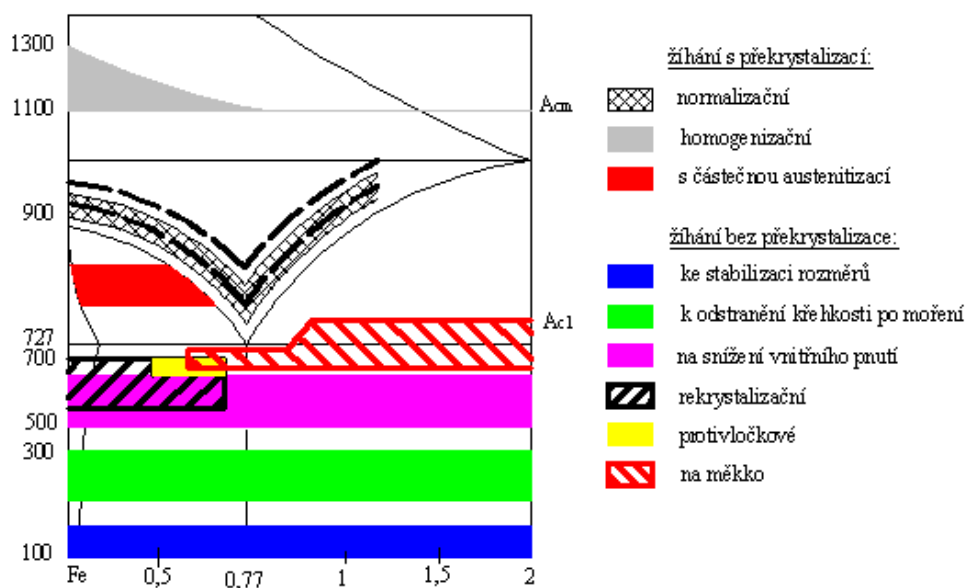
### 2.8.3 Žihání

Žihání je proces, ve kterém chceme docílit, aby ocel měla téměř rovnovážný stav. Hlavní podstata vězí v rovnoměrném ohřevu materiálu na žhací teplotu, kde setrváme dostatečnou dobu a pak následuje pomalé ochlazování. Ochlazení se provádí buď v peci, nebo na vzduchu. Touto tepelnou úpravou materiálu se zlepšují následující vlastnosti: houževnatost, obrobiteľnosť, pevnosť a fyzikální vlastnosti. [9]

Žihání rozdělujeme do dvou skupin:

- **S rekrytalizací:**
  - Normalizační.
  - Homogenizační.
  - Izotermické.
- **Bez rekrytalizace:**
  - Ke stabilizaci rozměrů.
  - K odstranění křehkosti po moření.
  - Na snížení vnitřního pnutí.
  - Rekrytalizační.
  - Protivločkové.
  - Na měkko.

Základní typy žihání u ocelí:



Graf 2.9.3-1 Základní typy žihání

Zdroj: [9]

Ve firmě se provádějí následující typy žhání. Z žhání s rekrystalizací, to jsou všechny typy, tj. homogenizační, normalizační a izotermické. Z žhání bez rekrystalizace podnik umožňuje žhání na měkko, ke snížení vnitřního pnutí a protivločkové žhání, někdy se mu také říká ošetření po kování nebo primární tepelné zpracování.

**a) Homogenizační žhání**

Hlavním účelem je snížení chemické homogenity, které vzniká při tuhnutí následkem dendritické segregace. Použití je převážně u ingotů. Po tomto způsobu žháme ještě normalizačně, abychom zjemnili strukturu. Ochlazení se provádí buď na vzduchu, nebo v peci.

**b) Normalizační žhání**

Provádí se za účelem zjemnění austenitického zrna a ke zrovnoměnění sekundární struktury. Výdrž na teplotě  $30 \div 50^\circ\text{C}$  nad  $AC_3$  a  $AC_m$  je do doby, dokud nedojde k vyrovnání teplot mezi středem součásti a povrchem. Ochlazení se provádí na vzduchu.

**c) Izotermické žhání**

Vhodné používání u legovaných ocelí. Při tomto způsobu dochází k izotermické přeměně austenitu. Žhací doby jsou kratší, a proto tento způsob je hospodárnější.

**d) Žhání na měkko**

Slouží ke změně na perlit lobulární pro lepší obrobiteľnosť. Teplota u podeutektoidních ocelí je  $680 - 720^\circ\text{C}$  a nadeutektoidních ocelí těsně nad  $AC_1$ . Ochlazení je nejdříve v peci a pak následně na vzduchu. Použití u ocelí nástrojových a některých konstrukčních slitinových ocelí.

**e) Žhání ke snížení vnitřního pnutí**

Slouží k odstranění vlivů předchozího zpracování. Při teplotě ohřevu, která se pohybuje mezi  $500 - 650^\circ\text{C}$ , dochází vlivem místní plastické deformace ke snížení pnutí. Relací se odstraní část pružné deformace. Prohřátí musí projít celým průměrem.



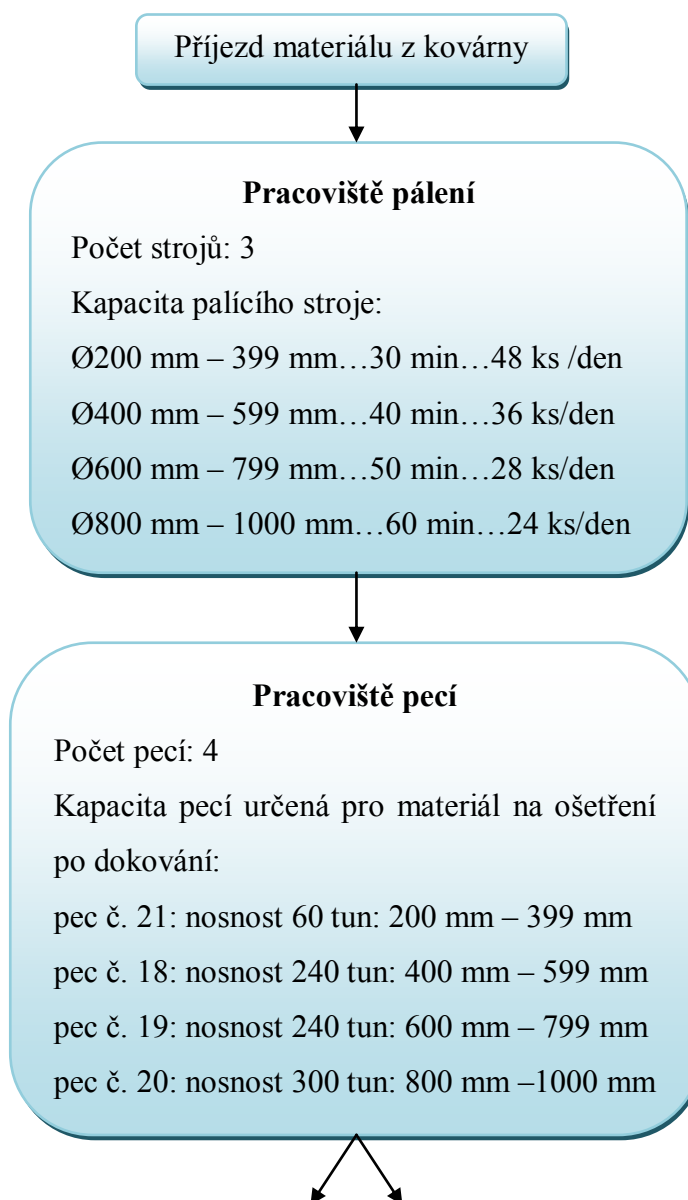
**f) Primární tepelné zpracování**

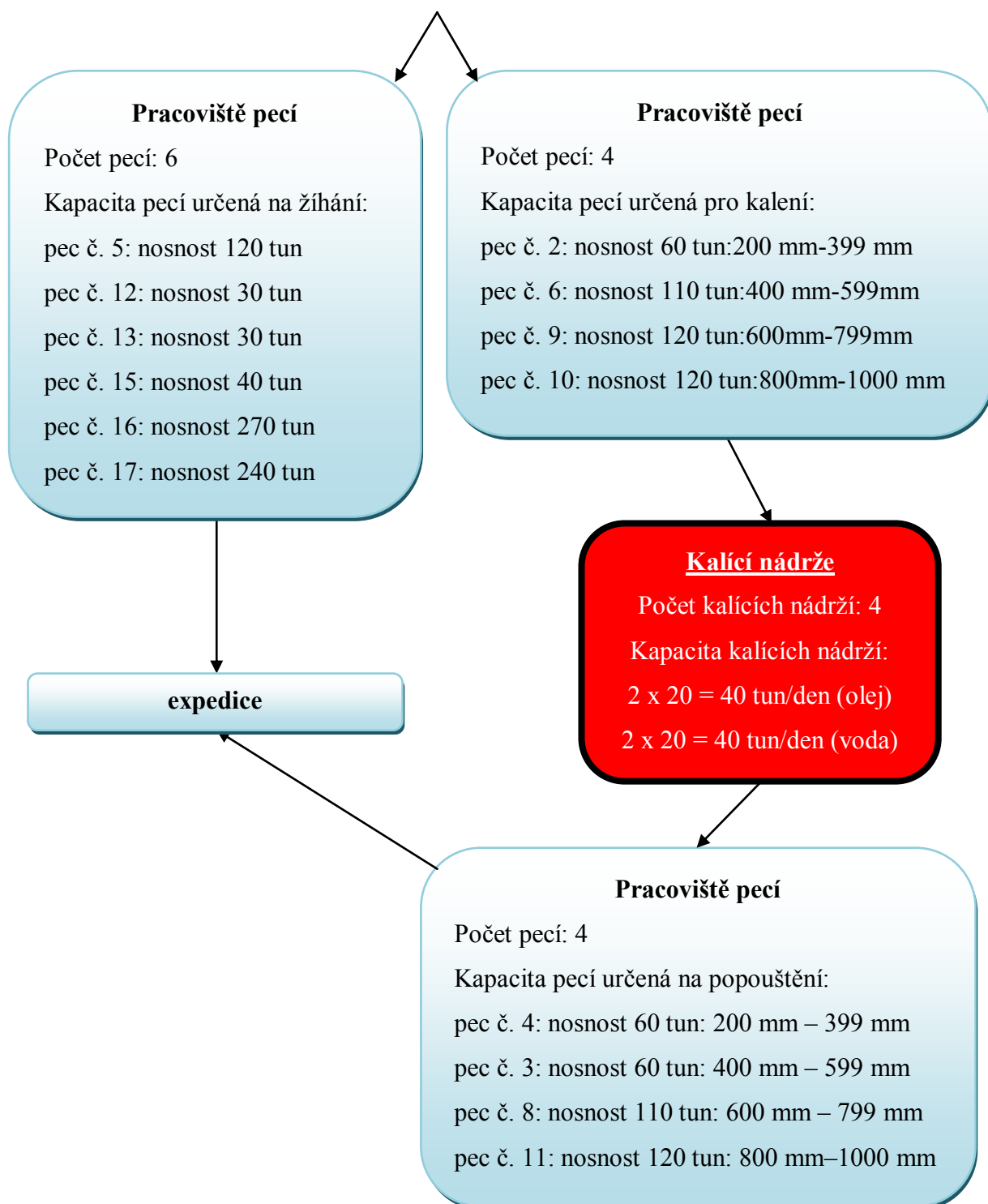
Někdy se používá název protivločkové žíhání. Teplota ohřevu se pohybuje mezi 650 – 700 ° C. Hlavním účelem je odstranění vodíku z rozměrných výkovků. Tímto se zabráňuje vzniku trhlin.

### 3. Vyhodnocení analýzy

V první kapitole jsem stručně popsal princip TOC a jeho následné metody. Pro zvýšení toku materiálu jsem si vybral metodu 5 kroků, které budu následně aplikovat na skutečném podniku, respektive v kalící hale. Cílem tohoto procesu bude maximalizovat průtok materiálu kalícími nádržemi.

#### 3.1 Identifikace úzkého místa





Graf 3.1 -1 Identifikace úzkého místa

### 3.2 Maximální využití úzkého místa

Abychom maximálně využili úzkého místa (kalících nádrží), musíme plně využít jejich kapacit a upravit jejich plánování tak, aby nevznikaly prodlevy při čekání na materiál.

Pro následný seznam materiálu jsem vytvořil plán s minimem ztrát a prodlev. Materiál jsem rozdělil do 4 skupin podle průměru.

Ø 200-399 mm

číslo tyče	průměr	délka	hmotnost	označení	druh + označení nádrže + hmotnost			
					olej A	olej B	voda A	voda B
1	200	6,3	1,552887	12a				1,56
2	200	3,7	0,912013	4a		0,91		
3	200	6,1	1,503589	8a		1,51		
4	200	5,2	1,281748	26a	1,29			
5	215	4,5	1,281825	36a	1,29			
6	215	4,3	1,224855	35a		1,23		
7	220	5,1	1,52109	28a	1,52			
8	225	5,6	1,746998	17a		1,75		
9	225	4,1	1,279052	14a				1,28
10	225	5,2	1,622212	27a			1,63	
11	225	3,7	1,154266	9a			1,16	
12	225	3,9	1,216659	16a	1,22			
13	250	3,6	1,386506	22a				1,39
14	250	3,8	1,463534	10a		1,47		
15	250	3,9	1,502048	1a	1,5			
16	275	3,8	1,770877	23a		1,77		
17	275	4,2	1,957285	11a				1,96
18	275	4,5	2,097091	19a				2,1
19	275	4,7	2,190295	5a				2,19
20	300	4,6	2,551172	18a			2,56	
21	300	4,8	2,662092	15a				2,67
22	300	5,2	2,883933	25a				2,89
23	325	4,3	2,798817	3a				2,9
24	325	4,1	2,668639	20a				2,67
25	350	3,8	2,868527	6a	2,87			
26	350	3,6	2,717552	24a	2,72			
27	350	4,2	3,170478	7a		3,17		
28	350	4,8	3,623403	2a		3,62		
29	375	4,3	3,726236	13a		3,73		
30	375	3,7	3,206296	30a	3,21			
31	375	3,6	3,119639	29a			3,12	
32	375	3,9	3,379609	21a				3,38
<b>Celková hmotnost v jednotlivých nádržích</b>					<b>15,62</b>	<b>19,16</b>	<b>8,47</b>	<b>24,99</b>

Tab. 3.1-4 Materiál ø800-1000 mm

Ø400-599 mm

číslo tyče	průměr	délka	hmotnost	označení	druh + označení nádrže + hmotnost			
					olej A	olej B	voda A	voda B
33	400	6,2	6,112952	4b	6,11			
34	400	6,3	6,211548	34b				6,21
35	400	6,1	6,014356	30b		6,01		
36	400	6,2	6,112952	18b				6,1
37	400	6,3	6,211548	8b	6,21			
38	425	5,2	5,787893	35b	5,78			
39	425	5,4	6,010505	29b			6,01	
40	425	4,5	5,008754	32b		5,01		
41	425	5,6	6,233116	10b		6,23		
42	450	5,2	6,488849	19b				6,49
43	450	4,7	5,864921	33b				5,87
44	450	5,1	6,364064	15b	6,37			
45	450	5,9	7,362348	7b				7,36
46	450	4,1	5,116208	36b				5,12
47	475	4,5	6,256609	21b			6,26	
48	475	5,2	7,22986	12b			7,23	
49	475	4,8	6,673717	25b			6,68	
50	475	4,2	5,839502	31b			5,84	
51	475	4,8	6,673717	5b		6,68		
52	490	4,8	7,10187	11b				7,1
53	490	3,5	5,178447	24b			5,18	
54	490	4,9	7,249826	9b	7,25			
55	500	4,3	6,624419	20b			6,63	
56	500	4,3	6,624419	14b	6,63			
57	500	4,2	6,470363	1b			6,47	
58	500	6,5	10,01366	16b	10,02			
59	525	6,4	10,87021	2b			10,87	
60	525	4,6	7,812963	17b				7,82
61	525	4,8	8,152657	6b	8,15			
62	550	4,2	7,829139	26b				7,83
63	550	4,6	8,574771	13b			8,58	
64	575	5,3	10,79819	28b			10,8	
65	575	5,2	10,59445	23b		10,6		
66	575	3,8	7,742097	3b			7,74	
<b>Celková hmotnost v jednotlivých nádržích</b>					<b>56,52</b>	<b>34,53</b>	<b>88,29</b>	<b>59,9</b>

Tab. 3.1-2 Materiál ø400-399 mm

Ø600-799 mm

číslo tyče	průměr	délka	hmotnost	označení	druh + označení nádrže + hmotnost			
					olej A	olej B	voda A	voda B
67	600	4,9	10,87021	6c		10,87		
68	600	5	11,09205	30c				11,09
69	600	4,8	10,64837	24c			10,65	
70	625	4,3	10,35065	33c		10,35		
71	625	4,2	10,10994	9c			10,11	
72	625	3,9	9,387803	20c			9,39	
73	625	4,6	11,07279	14c	11,07			
74	650	3,9	10,15385	5c		10,15		
75	650	3,9	10,15385	34c			10,15	
76	650	6,2	16,14201	12c		16,14		
77	675	5,5	15,44221	7c		15,44		
78	675	5,7	16,00375	32c				16
79	675	4,1	11,51147	16c	11,51			
80	700	5,1	15,39946	21c	15,4			
81	700	5,1	15,39946	2c				15,4
82	700	5,2	15,70141	17c			15,7	
83	700	3,6	10,87021	23c	10,87			
84	700	5,2	15,70141	31c		15,7		
85	700	3,9	11,77606	10c				11,78
86	725	4,7	15,22345	29c				15,22
87	725	3,8	12,30832	8c			12,31	
88	725	4,7	15,22345	18c	15,23			
89	725	3,6	11,66052	13c			11,66	
90	750	4,5	15,5982	1c	15,6			
91	750	4,6	15,94482	35c		15,95		
92	750	4,5	15,5982	19c		15,6		
93	750	4,9	16,9847	3c			16,99	
94	775	4,1	15,17493	22c	15,18			
95	775	5,6	20,72673	28c				20,73
96	775	4,2	15,54505	15c			15,55	
97	775	5,5	20,35661	4c			20,36	
<b>Celková hmotnost v jednotlivých nádržích</b>					<b>94,86</b>	<b>110,2</b>	<b>132,87</b>	<b>90,22</b>

Tab. 3.1-3 Materiál ø600-799 mm

Ø800-1000 mm

číslo tyče	průměr	délka	hmotnost	označení	druh + označení nádrže + hmotnost			
					olej A	olej B	voda A	voda B
98	800	3,9	15,38098	11d			15,38	
99	800	5,1	20,11358	24d				20,12
100	800	5,2	20,50797	25d				20,51
101	800	5,1	20,11358	17d				20,11
102	825	4,9	20,55149	23d				20,55
103	825	5	20,97091	32d	20,97			
103	825	4,9	20,55149	26d				20,55
104	850	4,6	20,48024	31d				20,48
105	850	4,5	20,03502	5d			20,04	
106	850	4,7	20,92546	28d			20,93	
107	850	4,6	20,48024	12d		20,48		
108	875	4,3	20,28728	10d	20,29			
109	875	4,3	20,28728	20d	20,29			
110	875	4,4	20,75908	4d	20,76			
111	875	4,3	20,28728	27d				20,29
112	900	4,3	21,46312	7d		21,46		
113	900	4,1	20,46483	30d			20,46	
114	900	4,2	20,96397	14d		20,97		
115	900	4,1	20,46483	6d	20,47			
116	925	3,8	20,03579	15d				20,04
117	925	4,1	21,61756	3d		21,62		
118	925	3,9	20,56304	29d			20,56	
119	950	3,6	20,02115	13d		20,02		
120	950	3,7	20,57729	8d	20,58			
121	975	3,8	22,26036	2d	22,26			
122	975	3,6	21,08876	18d		21,09		
123	975	3,5	20,50296	9d	20,5			
124	1000	3,6	22,1841	1d		22,18		
125	1000	3,5	21,56788	16d	21,57			
<b>Celková hmotnost v jednotlivých nádržích</b>					<b>187,69</b>	<b>147,82</b>	<b>97,37</b>	<b>162,65</b>

Tab. 3.1-4 Materiál ø800-1000 mm

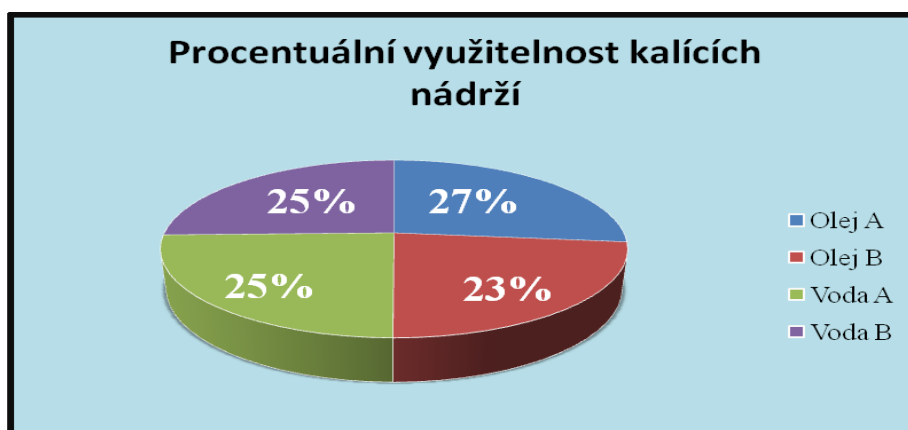
	Rozdělení materiálu ke kalení				Celkem
	ø200-399 mm	Ø400-599 mm	Ø600-799 mm	Ø800-1000 mm	
Počet kusů	32	33	30	28	123

Tab. 3.1-5 Počet kusů materiálu

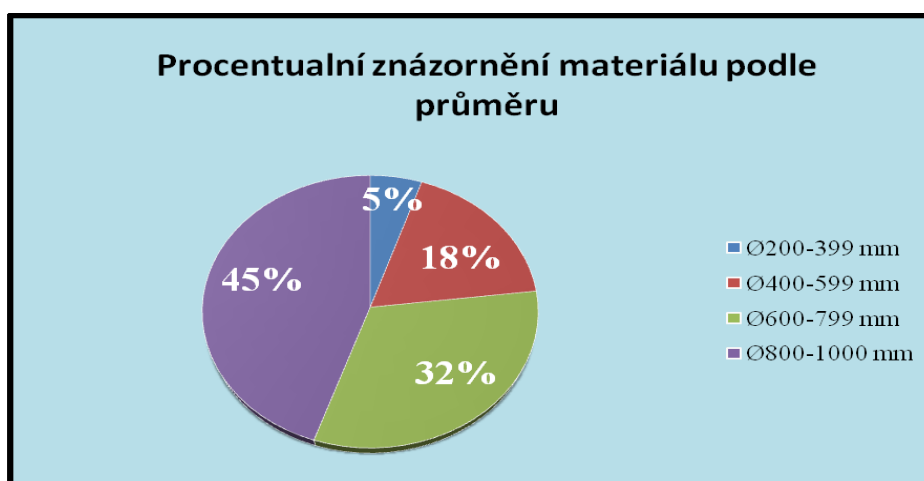
Celková hmotnost materiálu určeného ke kalení.

Kalící nádrž	Rozdělení materiálu				Celkem tun
	Ø200-399 mm	Ø400-599 mm	Ø600-799 mm	Ø800-1000 mm	
Olej A	15,62	56,52	94,86	187,69	<b>354,69</b>
Olej B	19,16	34,53	110,2	147,82	<b>311,71</b>
Voda A	8,47	88,29	132,87	97,37	<b>327</b>
Voda B	24,99	59,9	90,22	162,65	<b>337,76</b>
<b>Celkem tun</b>	<b>68,24</b>	<b>239,24</b>	<b>428,15</b>	<b>595,53</b>	<b>1331,16</b>

Tab. 3.1-6 Výsledné rozdělení hmotnosti materiálu



Graf 3.1-2 Využití kalících nádrží podle hmotnosti materiálu



Graf 3.1-2 Využití kalících nádrží podle průměru materiálu



V následující tabulce plánování kalících nádrží jsem uvedl získané z plánování kalících nádrží. Celé plánování jednotlivých dnů je uvedeno v příloze č. 6.

Druh nádrže	den	m			m <sub>c</sub>	T			Tp			Tn		
kalící nádrž olej A		1,5			1,5	17			17			17		
kalící nádrž olej B		3,6			3,6	27			22				22	
kalící nádrž voda A		6,5			6,5	31			21				21	
kalící nádrž voda B		0			0	0			0					0
		m za den			11,6	prostoj za den			60					
kalící nádrž olej A	4	16			15,6	20			0			0		
kalící nádrž olej B		22			22,2			24	0				0	
kalící nádrž voda A		11			10,9			16	1				1	
kalící nádrž voda B		2,8			2,8	5			0					0
		m za den			51,5	prostoj za den			1					
kalící nádrž olej A	5	22			22,3	26			2			2		
kalící nádrž olej B		0,9			0,9	5			0				0	
kalící nádrž voda A		9,4			9,4	10			0				0	
kalící nádrž voda B		15			15,4	22			2					2
		m za den			48	prostoj za den			4					
kalící nádrž olej A	6	6,1	2,9		9	11,5	5,5		1,5	0,5		2		
kalící nádrž olej B		22			21,6	25			1				1	
kalící nádrž voda A		17	20		37,4	20	24		0	0			0	
kalící nádrž voda B		2,2	21		22,8	5,5	26,5		0,5		2,5			3
		m za den			90,8	prostoj za den			6					
kalící nádrž olej A	7	21			20,8	25			1			1		
kalící nádrž olej B		3,2	6,7		9,9	5	12,5		0	2,5			2,5	
kalící nádrž voda A		20			20	26			2				2	
kalící nádrž voda B		21			20,8	25			1					1
		m za den			71,5	prostoj za den			6,5					
kalící nádrž olej A	8	8,2	21		28,7	10,5	24		0,5	0		0,5		
kalící nádrž olej B		10	1,5		11,7	16	5,5		1		0,5		1,5	
kalící nádrž voda A		0			0	0							0	
kalící nádrž voda B		7,4			7,4	10,5			0,5					0,5
		m za den			47,8	prostoj za den			2,5					
kalící nádrž olej A	9	6,2			6,2	11,5		0			1,5	1,5		
kalící nádrž olej B		11	1,5		12,4	15	5,5		0	0,5			0,5	
kalící nádrž voda A		1,2	11	16	27,5	5,5	12	20	0,5	2	0		2,5	
kalící nádrž voda B		20			20,1	24,5			0,5					0,5
		m za den			66,2	prostoj za den			5					
kalící nádrž olej A	10	7,3	21		27,9	12	24		2	0		2		
kalící nádrž olej B		22			21,5	25,5			1,5				1,5	
kalící nádrž voda A		12			12,3	16			1				1	
kalící nádrž voda B		2	1,6	15	18,8	6	5,5	20	1	0,5	0			1,5
		m za den			80,5	prostoj za den			6					
kalící nádrž olej A	11	0			0	0						0		
kalící nádrž olej B		6,2	3,7	21	30,4	10,5	5,5	25	0,5	0,5	1		2	
kalící nádrž voda A		10			10,1	17			2				2	
kalící nádrž voda B		7,1			7,1	11			1					1
		m za den			47,6	prostoj za den			5					
kalící nádrž olej A	12	21			20,5	25			1			1		
kalící nádrž olej B		0			0	0							0	
kalící nádrž voda A		7,2	6		13,2	11	12		1	2			3	
kalící nádrž voda B		12	1,3		13,1	15	5		0	0				0
		m za den			46,8	prostoj za den			4					

Tab. 3.1.7 – Informace z plánování kalících nádrží

Druh nádrže	den	m <sub>s</sub>			m	T			Tp			Tn		
kalící nádrž olej A	13	20			20,3	24			0			0		
kalící nádrž olej B		16			16,1	21,5			1,5			1,5		
kalící nádrž voda A		8,6	12		20,3	10	15		0	0			0	
kalící nádrž voda B		11	2,7		13,8	16	5		1	0				1
		m za den			70,5	prostoj za den			2,5					
kalící nádrž olej A	14	1,2	6,6		7,8	5,5	11		0,5	1		1,5		
kalící nádrž olej B		16	1,8		17,5	21	6		1	1		2		
kalící nádrž voda A		15			15,4	24,5			0,5				0,5	
kalící nádrž voda B		21			20,6	25			1					1
		m za den			61,3	prostoj za den			5					
kalící nádrž olej A	15	6,4	11		17,5	10,5	16		0,5	1		1,5		
kalící nádrž olej B		6,1	21		26,6	10,5	24,5		0,5	0,5		1		
kalící nádrž voda A		2,6	5,9		8,5	5,5	11		0,5	0,5			1	
kalící nádrž voda B		20			20,3	24			0					0
		m za den			72,9	prostoj za den			3,5					
kalící nádrž olej A	16	10			10,1	17,5			1,5			1,5		
kalící nádrž olej B		20			20	24			0			0		
kalící nádrž voda A		16			15,6	20			0				0	
kalící nádrž voda B		2,1	2,7	7,8	12,6	5	5,5	10,5	0	0,5	0,5			1
		m za den			58,3	prostoj za den			2,5					
kalící nádrž olej A	17	12	21		32,5	16	24		1	0		1		
kalící nádrž olej B		0			0	0						0		
kalící nádrž voda A		21			20,9	20,5			0,5				0,5	
kalící nádrž voda B		3,4	6,1		9,5	5,5	10,5		0,5	0,5				1
		m za den			62,9	prostoj za den			2,5					
kalící nádrž olej A	18	0			0	0						0		
kalící nádrž olej B		21			21	24,5			0,5				0,5	
kalící nádrž voda A		16			15,7	20,5			0,5				0,5	
kalící nádrž voda B		1,4	6,5	16	23,9	5,5	10	21	0,5	0	1			1,5
		m za den			60,6	prostoj za den			2,5					
kalící nádrž olej A	19	15	2,7		17,9	21,5	5,5		1,5	0,5		2		
kalící nádrž olej B		1,2	1,8	5,1	8,1	5	5	10,5	0	0	0,5		0,5	
kalící nádrž voda A		6,7	21		27,3	11	24,5		1	0,5			1,5	
kalící nádrž voda B		20			20	24,5			0,5					0,5
		m za den			73,3	prostoj za den			4,5					
kalící nádrž olej A	20	22			21,6	24			0			0		
kalící nádrž olej B		16			15,6	20			0				0	
kalící nádrž voda A		6,3			6,3	10			0				0	
kalící nádrž voda B		2,9			2,9	6,5			1,5					1,5
		suma			46,4	prostoj za den			1,5					
kalící nádrž olej A	21	1,3	15		16,7	6	15,5		1	0,5		1,5		
kalící nádrž olej B		9,4	10		19,8	10	15		0	0			0	
kalící nádrž voda A		0			0	20			0				0	
kalící nádrž voda B		6,2	5,9		12,1	10	11,5		0	1,5				1,5
		m za den			48,6	prostoj za den			3					
kalící nádrž olej A	22	5,8	15		21	10	20,5		0	0,5		0,5		
kalící nádrž olej B		11	21		31,7	16	24		1	0			1	
kalící nádrž voda A		1,6	10		11,8	5,5	15,5		0,5	0,5			1	
kalící nádrž voda B		20			20,1	24,5			0,5					0,5
		m za den			84,6	prostoj za den			3					
kalící nádrž olej A	23	11			10,9	15			0			0		
kalící nádrž olej B		0			0	0							0	
kalící nádrž voda A		5,2	3,1	6,7	15	10	5,5	11	0	0,5	1		1,5	
kalící nádrž voda B		21			20,5	24,5			0,5					0,5
poslední kalení		m za den			46,4	prostoj za den			2					

Druh nádrže	den	m <sub>s</sub>			m	T			T <sub>p</sub>			T <sub>n</sub>			
kalící nádrž olej A	24	3,2	1,2	20	24,7	5	5	24	0	0	0	0			
kalící nádrž olej B		17	1,5		18	15,5	5		0,5	0			0,5		
kalící nádrž voda A		11			10,7	15			0					0	
kalící nádrž voda B		5,1	7,8		12,9	10	10		0	0					0
		m za den			66,3	prostoje za den			0,5			36,5	38	39	19,5

Tab. 3.1.7 – Informace z plánování kalících nádrží

m<sub>s</sub>... celková hmotnost v kalící nádrži za den,

m ... hmotnost jednotlivých kusů v kalící nádrži za den,

T... čas mezi jednotlivými kusy,

T<sub>p</sub>... prostoje,

T<sub>n</sub>... prostoje v jednotlivých nádržích.

V tabulce č. 3.1.8 jsou uvedeny prostoje kalících nádrží. Po rozběhnutí výroby (bez prvního dne) jsou ztrátové časy minimální. V tabulce 3.1.9 je uvedena potřebná doba ochlazování podle hmotnosti kusů. V poslední tabulce na této stránce je doba kalení.

	prostoje v jednotlivých nádržích za měsíc			
<b>Celkové prostoje (hod)</b>	36,5	38	39	19,5
<b>Prostoje v zahajovacím dnu (hod)</b>	17	22	21	0
<b>Prostoje bez prvního dne (hod)</b>	19,5	16	18	19,5
<b>Ø čas prostoje za den (hod)</b>	0,975	0,8	0,9	0,975

Tab. 3.1.8 – Prostoje kalících nádrží

Hmotnost materiálu (tun)	Potřebná doba na ochlazení (hod.)
<b>1 - 5</b>	5
<b>5 - 10</b>	10
<b>10 - 15</b>	15
<b>15 - 20</b>	20
<b>20 - 25</b>	24

Tab. 3.1.9 – Doba ochlazování pecí

Ø materiálu (mm)	Potřebná doba na ochlazení (min.)	
	Olej	Voda
<b>200 – 399</b>	60	30
<b>400 – 599</b>	90	60
<b>600 – 799</b>	90	60
<b>800 - 1000</b>	120	90

Tab. 3.1.9 – Doba kalení

### 3.3 Podřízení všeho v systému (podniku) tomuto omezení (úzkému místu)

Abychom dosáhli maximálně využitých kalických nádrží, musíme podřídít všechny úseky v celém materiálovém toku. V kalící hale to jsou popouštěcí pece, kalící pece, pece určené pro ošetření po dokování, pálicí stroje atd. V následujících tabulkách je uvedeno jednotlivé plánování pro daný úsek, ke kterému je vypočteno i maximální hmotnost materiálu v peci v daném dni. Při plánování daných úseků jsem jednotlivé rozměry rozdělil do 4 skupin, pro názornost označil jinými barvami.

#### 3.2.1 Kalící pece

U kalících pecí vyžadujeme, aby dokázali ohřát materiál na teplotu 850 °C a následné udržení na této teploty dokud nedojde k rovnoměrnému prohřátí. Zhotovil jsem následující tabulku, ve které jsou uvedeny čísla pecí, kapacita pecí, nutná doba zahřátí jednotlivého kusu a maximální délka jednotlivého kusu, který do této pece můžeme vložit.

číslo pece	2	6	9	10
kapacita pece (t)	60	110	120	120
doba výdrže (h)	48	60	60	72
max. délka kusu (m)	7,5	10,18	11	11

Tab. 3.3.1-1 Údaje o pecích ke kalení

V tabulce 3.3.1-2 jsem uvedl, jaká je maximální hmotnost materiálu za den v jednotlivých pecích. Na konci tabulky je uvedena průměrná hmotnost materiálu a průměrná hmotnost materiálu mezi 4-20 dnem, kdy jsou pece plně vytíženy. Dále je doporučeno využít pece z 80 – 90 % z důvodu zajištění vysoké kvality prohřátí u většího počtu kusů v peci.

den	max. hmotnost v jednotlivých pecích za den							
	pec č. 2		pec č. 6		pec č. 9		pec č. 10	
	60 tun		110 tun		120 tun		120 tun	
	Ø200-399 mm		Ø400-599 mm		Ø600-799 mm		Ø800-1000 mm	
	m	%	m	%	m	%	m	%
1	5,12	8,53	6,47	5,88	15,6	13	22,2	18,5
2	8,02	13,4	17,3	15,8	31	25,8	44,4	37
3	8,02	13,4	25,1	22,8	48	40	86,6	72,2
4	5,09	8,48	24,7	22,5	52,8	44	107	89,5
5	9,14	15,2	20,9	19	62,1	51,8	105	87,7
6	8,23	13,7	33	30	62,1	51,8	102	84,9
7	5,84	9,73	39,8	36,2	57,2	47,7	103	85,7
8	7,66	12,8	39,8	36,2	53,8	44,9	82,6	68,9
9	8,72	14,5	37,6	34,2	64,9	54,1	103	86
10	7,25	12,1	35,2	32	76,7	63,9	81,9	68,2
11	5,01	8,35	35,2	32	66,4	55,3	97,2	81
12	5,64	9,4	34,8	31,6	66,4	55,3	97	80,8
13	8,2	13,7	34,9	31,7	65,7	54,7	97	80,8
14	9,08	15,1	42,7	38,8	38,1	31,8	103	85,5
15	12,5	20,8	36,3	33	42,8	35,6	103	86,2
16	8,15	13,6	30,4	27,7	64	53,3	103	86,2
17	7,11	11,9	24,2	22	62,5	52,1	104	86,8
18	8,61	14,4	24,4	22,2	62,5	52,1	83,6	69,7
19	8,67	14,5	34,7	31,6	60,9	50,7	103	85,6
20	5,81	9,68	39,9	36,3	61	50,8	104	86,4
21	4,75	7,92	39,6	36	77,9	64,9	81,9	68,3
22	9,14	15,2	33,4	30,3	62,8	52,3	82	68,3
23	9,14	15,2	24,8	22,6	37,5	31,2	40,8	34
24	6,02	10	13	11,8	10,7	8,88	20,3	16,9
P	7,54	12,6	30,3	27,6	54,3	45,2	85,8	71,5
P <sub>4-20</sub>	7,69	12,8	33,4	30,4	60	50	98,8	82,4

Tab. 3.3.1-2 kapacitní využití pecí ke kalení

P...Průměrná hodnota

P<sub>4-20</sub> ...Průměrná hodnota mezi 4-20 dnem

V tabulce 3.3.1-3 jsou uvedeny 2 dny plánování v pecích určené na ohřátí materiálu na kalící teplotu. Na konci každého dne je vypočten celkový obrát hmotnosti materiálu v určitém dni. Plánování celého měsíce těchto pecí naleznete v příloze č. 2.

[illegible]

Tab. 3.3.1-2 Plánování pecí ke kalení

### 3.2.2 Popouštěcí pece

Na pece určené k popouštění za vysokých teplot potřebujeme výhřevnost 350–700 °C a k tomu výdrž na této teplotě po určitou dobu. V tabulce 3.3.2-1 jsem uvedl číslo pecí, které jsou určeny k popouštění, jejich kapacitu, požadovanou dobu výdrže v dané peci a maximální délku kusu, který do ní můžeme vložit.

číslo pece	3	4	8	11
kapacita pece (t)	60	60	120	120
dobu výdrže (h)	30	40	50	60
max. délka kusu (m)	7,5	7,5	10,18	11

Tab. 3.3.2-1 Údaje o pecích k popouštění

V tabulce 3.3.2-2 jsem popsal následující údaje. Maximální hmotnost materiálu za den v jednotlivých pecích (m) a také z kolika procent je využita kapacita. Na konci tabulky je opět uvedena průměrná hmotnost materiálu a průměrná hmotnost materiálu mezi 6-23 dnem, kdy jsou pece plně vytíženy. Je doporučeno využití pece z 80 – 90 % z důvodu zajištění vysoké kvality prohrátí u většího počtu kusů v peci.

den	max. hmotnosti v jednotlivých pecích za den							
	pec č.4		pec č.3		pec č.8		pec č.11	
	60		60		110		120	
	m	%	m	%	m	%	m	%
3	5,12	8,533	6,47	10,78	-	-	-	-
4	5,12	8,533	17,34	28,9	15,6	14,18	22,18	18,48
5	3,81	6,35	18,6	31	31	28,18	59,89	49,91
6	5,97	9,95	24,72	41,2	52,75	47,95	86,61	72,18
7	8,23	13,72	13,85	23,08	58,08	52,8	107,4	89,5
8	6,04	10,07	22,19	36,98	68,23	62,03	82,93	69,11
9	4,14	6,9	32,99	54,98	41,75	37,95	81,39	67,83
10	4,99	8,317	24,37	40,62	53,84	48,95	82,09	68,41
11	5,29	8,817	20,58	34,3	53,84	48,95	82,63	68,86
12	5,01	8,35	26,57	44,28	49,42	44,93	83,05	69,21
13	3,95	6,583	21,82	36,37	50,67	46,06	81,88	68,23
14	3,95	6,583	15,21	25,35	66,37	60,34	97,23	81,03
15	5,64	9,4	24,85	41,42	54,59	49,63	76,7	63,92
16	7,33	12,22	36,06	60,1	26,77	24,34	76,7	63,92
17	7,44	12,4	23,94	39,9	38,13	34,66	81,72	68,1
18	4,06	6,767	23,94	39,9	43,21	39,28	82,89	69,08
19	3	5	19,22	32,03	58,44	53,13	82,91	69,09
20	5,72	9,533	18,13	30,22	62,54	56,85	104,1	86,75
21	5,61	9,35	18,34	30,57	50,74	46,13	82,62	68,85
22	4,18	6,967	34,72	57,87	60,47	54,97	102,7	85,58
23	3,12	5,2	24,77	41,28	60,47	54,97	81,14	67,62
24	9,14	15,23	24,81	41,35	62,8	57,09	60,85	50,71
25	6,02	10,03	19,63	32,72	37,47	34,06	60,85	50,71
26	-	-	7,83	13,05	26,6	24,18	20,08	16,73
27	-	-	-	-	-	-	20,08	16,73
P	5,34	8,904	21,71	36,18	48,86	44,42	75,03	62,52
P <sub>6-23</sub>	41,4	46,57	45,36	42,08	36,63	29,3	26,23	14,69

Tab. 3.3.2-2 kapacitní využití pecí k popouštění

P...Průměrná hodnota

P<sub>4-20</sub> ...Průměrná hodnota mezi 4-20 dnem



V tabulce 3.3.2-3 jsou uvedeny 2 dny plánování v pecích určené na ohřátí materiálu na popouštěcí teplotu. Na konci každého dne je vypočten celkový obrat hmotnosti materiálu v určitém dni. Plánování celého měsíce těchto pecí naleznete v příloze č. 3.

plánování pecí na pouštění																								Pece									
D e n	hodiny																							4	3	8	11						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Hmotnost								
10	5d																																20
	5c																												10,2				
	7b																											7,36					
	6d																											20,5					
	8a																											1,51					
	6c																											10,9					
	9a																											1,16					
	24d																											20,1					
	28b																											10,8					
	10a																											1,47					
	8b																											6,21					
	7c																											15,4					
				7d																		21,5											
									11a																1,96								
												9b															7,25						
																					12a							1,56					
																							8c					12,3					
																								29c				15,2					
Celkový obrat hmotnosti materiálu za den																								7,66	31,6	64	82,1						
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24									
11	6d																												20,5				
	6c																												10,9				
	24d																																20,1
	8b																													6,21			
	7c																										15,4						
	7d																											21,5					
	11a																												1,96				
	9b																											7,25					
	12a																											1,56					
	8c																											12,3					
	29c																											15,2					
	8d																											20,6					
							10b																									6,23	
														9c																10,1			
																													7,1				
																												3,73					
Celkový obrat hmotnosti materiálu za den																								7,25	26,8	64	82,6						

Tab. 3.3.2-3 Plánování popouštěcích pecí

### 3.2.3 Pece na ošetření po dokování

Pece určené k ošetření po dokování patří mezi nejvyužívanější. Požadavky na výhřevnost pece jsou 650–700 °C. V tabulce 3.3.3-1 jsem uvedl číslo pecí, které jsou určeny pro materiál k ošetření po dokování, dále jejich kapacitu, požadovanou dobu výdrže v dané peci a maximální délku kusu.

číslo pece	21	18	19	20
kapacita pece (t)	60	120	240	300
doba výdrže (h)	48	60	60	72
max. délka kusu (m)	7,3	10,5	10,4	13

Tab. 3.3.3-1 Údaje o pecích k ošetření po dokování

V tabulce 3.3.3-2 jsem popsal maximální hmotnost materiálu za den v jednotlivých pecích (m) a také z kolika procent je využita kapacita. Na konci tabulky je opět uvedena průměrná hmotnost materiálu a průměrná hmotnost materiálu mezi 6-23 dnem, kdy jsou pece plně vytíženy. Je doporučeno využití pece z 80 – 90 % z důvodu zajištění vysoké kvality prohrátí u většího počtu kusů v peci.

Den	max. hmotnosti v jednotlivých pecích za den							
	pec č. 21		pec č. 18		pec č. 19		pec č. 20	
	60		120		240		300	
	m	%	m	%	m	%	m	%
28	0	0,0	16,54	6,9	0	0,0	22,18	7,4
29	5,12	8,5	27,41	11,4	32,17	13,4	44,44	14,8
30	10,2	17,0	35,15	14,6	47,57	19,8	86,61	28,9
1	10,02	16,7	35,72	14,9	69,32	28,9	127,8	42,6
2	8	13,3	43,55	18,1	73,48	30,6	125,7	41,9
3	9,14	15,2	36,13	15,1	90,69	37,8	122,4	40,8
4	8,23	13,7	40,82	17,0	84,56	35,2	123,3	41,1
5	7,61	12,7	39,77	16,6	65,3	27,2	103,2	34,4
6	11,13	18,6	42,38	17,7	53,84	22,4	123,7	41,2
7	9,62	16,0	38,81	16,2	76,65	31,9	102,4	34,1
8	11,41	19,0	39,94	16,6	76,65	31,9	97,23	32,4
9	9,17	15,3	39,69	16,5	77,68	32,4	96,99	32,3
10	5,17	8,6	37,74	15,7	65,9	27,5	96,99	32,3
11	8,2	13,7	46,83	19,5	53,98	22,5	102,7	34,2
12	9,31	15,5	42,69	17,8	56,15	23,4	119,9	40,0
13	11,93	19,9	30,43	12,7	61,23	25,5	140,1	46,7
14	11,9	19,8	27,04	11,3	76,46	31,9	120,7	40,2
15	9,55	15,9	24,39	10,2	74,08	30,9	120,2	40,1
16	8,16	13,6	29,98	12,5	89,3	37,2	124,3	41,4
17	9,65	16,1	34,72	14,5	87,27	36,4	125,3	41,8
18	7,24	12,1	39,9	16,6	73,25	30,5	103,7	34,6
19	6,91	11,5	43,55	18,1	67,65	28,2	97,57	32,5
20	11,3	18,8	45,19	18,8	69,58	29,0	56,37	18,8
21	13,55	22,6	46,94	19,6	69,58	29,0	55,91	18,6
22	10,39	17,3	24,95	10,4	32,01	13,3	20,02	6,7
23	4,37	7,3	17,12	7,1	0	0,0	20,02	6,7
P	9,091	15,152	35,67	14,9	67,68	28,2	95,4	31,8
P <sub>1-20</sub>	9,071	15,118	37,58	15,7	72,29	30,12	114,4	38,14

Tab. 3.3.3-2 kapacitní využití pecí k popouštění

P...Průměrná hodnota

P<sub>1-20</sub> ...Průměrná hodnota mezi 1-19 dnem

V tabulce 3.3.3-3 jsou uvedeny 2 dny plánování v pecích určené na ohřátí materiálu teplotu pro ošetření po dokování. Na konci každého dne je vypočten celkový obrat hmotnosti materiálu v určitém dni. Plánování celého měsíce těchto pecí naleznete v příloze č. 3.

8	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24																												
	8c kaleno																											12,31																								
	29c kaleno																												15,22																							
	25d kaleno																																													20,51						
	9d kaleno																																															20,5				
	10b kaleno																														6,23																					
	11a kaleno																											1,96																								
	22b žiháno																																													4,79						
	9c kaleno																																															10,11				
	11b kaleno																																															7,1				
	12a kaleno																																1,56																			
	10c kaleno																																															11,78				
	10d kaleno																																																20,29			
	12b kaleno																																															7,23				
	33a žiháno																																															4,16				
	30c kaleno																																																11,09			
	12c kaleno																																																16,14			
	13a kaleno																																															3,73				
	29b kaleno																																																6,01			
	26d kaleno																																																	20,55		
											13b kaleno																								8,58																	
											11d kaleno																										15,38															
														26c žiháno																					11,31																	
																							14a kaleno						1,28																							
																								13c kaleno					11,66																							
Celkový obrat hmotnosti materiálu za den																								12,69	39,94	99,62	97,23																									

9	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24																											
	11b kal.																												7,1																						
	10c kaleno																																11,78																		
	10d kaleno																																															20,29			
	12b kaleno																																		7,23																
	33a žiháno																												4,16																						
	30c kaleno																																															11,09			
	12c kaleno																																															16,14			
	13a kaleno																															3,73																			
	29b kaleno																																															6,01			
	26d kaleno																																																20,55		
	13b kaleno																																																8,58		
	11d kaleno																																																15,38		
	26c žiháno																																																11,31		
	14a kaleno																														1,28																				
	13c kaleno																																																11,66		
	31c kaleno																																																15,7		
				27d kaleno																																										20,29					
											37b žiháno																								4,14																
																														6,63																					
																													2,67																						
																														20,48																					
																														6,01																					
	Celkový obrat hmotnosti materiálu za den																								11,84	45,7	77,68	96,99																							

Tab. 3.3.3-3 Plánování pecí na ošetření po dokování

### 3.2.4 Žihání

V kalírně se provádí několik typů žihání, z nichž je nejžádanější normalizační žihání. Jednotlivé druhy žihání jsem popsal v kapitole 2.8.3. V příloze č. 5 najdete seznam materiálu pro tuto tepelnou úpravu materiálu. Pro tento proces jsou ponechány pece, které jsem seřadil do následující tabulky.

Pec na žihání	
Číslo pece	Nosnost pece
5	120 tun
12	30 tun
13	30 tun
15	40 tun
16	270 tun
17	240 tun

Tab. 3.3.4-1 Pece určené k žihání

### 3.3 Rozšíření tohoto úzkého místa

V kalící hale existují další dvě kalící nádrže, které nejsou využívány z důvodů malých rozměrů a malé nosnosti. V jedné nádrži bylo použito kalící médium voda a v druhé olej. Jsou umístěny u pecí č. 12 až č. 15. V následující tabulce uvádím jednotlivé údaje o těchto kalících nádržích.

Umístění	Jmenovité rozměry / technologické možnosti			Poznámka
	Šířka (mm)	Délka (mm)	Hloubka (mm)	
12 – 15 pece	2000 / 1000	4000 / 3000	2700	max.5t, olejová
	<b>2000 / 1000</b>	<b>4000 / 3000</b>	<b>2700</b>	<b>max.5t, vodní</b>

Tab. 3.4-1 Nevyužité kalící nádrže

### 3.4 Návrat k prvnímu kroku

Na konci 4 kroku jsme zvýšili výrobní možnosti kalících nádrží a tím se nám odstranilo aktivní omezení úzkého místa. Nyní by měla následovat analýza k novému hledání úzkého místa. Druhý smysl pátého kroku metody TOC vidím v trvalém procesu zlepšování. Jinak řečeno tento krok slouží k zamezení „podnikové slepoty“.

## 4. Vlastní návrhy a řešení

Podle mého názoru by nevyužívané kalící nádrže, i po obnovení činnosti, nijak zásadně nezvýšili kapacitu kalících nádrží. Jejich rozměry dovolují kalit pouze kusy do délky 4 metrů, což je hraniční hodnota. Dále kusy po kalení by neměly přesáhnout hmotnost 5 tun. V celkovém součtu to je 9,5 % s celkového počtu kusů určených ke kalení.

Proto jsem došel k závěru, že nejlepší by byla jejich rekonstrukce a taky zvětšení jejich rozměrů a tím i kapacity. I přes jejich těsné umístění mezi pecí č. 12, č. 13 a č. 15, podle mého názoru by bylo možné zvětšit hraniční délku ze 4 metrů na 5 metrů a hloubku z 2,7 metru na 3,5 metru. Tím by se zvýšil obsah těchto dvou kalících nádrží o 62 %. V celkovém součtu by to znamenalo, že by se zvýšil počet prokalených kusů z 9,5 % na 19,8 %.

Jako další možnost navrhuji zvážit možnost koupi dvou nových pecí místo pece č. 12 a č. 13 za pece, které by měli délku minimálně 5 metrů. Do těchto pecí bych následně přemístil kalení a popouštění výrobků o  $\varnothing$  200 – 400 mm z pecí č. 2 a č. 4. Bylo by to z důvodu okamžitého přesunutí materiálu z pece přímo do kalící nádrže a také by tyto pece měli vyšší využití.

V posledním návrhu jak zvýšit kapacitu kalících nádrží, bych doporučil zavést do každé kalící nádrže ochlazovací zařízení. Chladicí zařízení by nemělo funkci pouze ochlazovací, ale pokud by bylo potřeba předejít kalící medium na určitou teplotu, dokázalo by se vyrovnat i s tímto úkolem. Pro kalení materiálu v olejové lázni je největší hrozbou, pokud teplota oleje překročí určitou teplotu, může totiž dojít ke vzplanutí. Tento problém vyřeší určitý řídicí algoritmus, který by při překročení námi určené nejnižší povolené teploty pro ochlazování zapnul ohřívání dané lázně a při překročení námi stanovené nejvyšší povolené teploty zapnul ochlazování. Při tomto způsobu by se podstatně zkrátila doba ochlazení.

Pro kalící nádrže s olejem bych navrhoval, aby ochlazování bylo prováděno vzduchovým chladičem. Pokud by chlazení bylo prováděno vodním chladičem, a při poruše by došlo ke smíchání oleje s vodou, mohlo by to mít za následek špatné mechanické vlastnosti kaleného kusu a taky výměnu oleje. Pro vodní kalící nádrže bych doporučil vodní chladicí

zařízení jako způsob ochlazování. Při ochlazování vodním chladícím zařízením, se musí po určité době provádět očištění od vodního kamene.

## **5. Závěrečné zhodnocení práce**

V kalící hale po aplikování metody TOC pomocí analýzy pěti kroků jsem postupoval podle pokynů Dr. Eliyahu M. Goldratta. Z informací, které mi byli poskytnuty, jsem analyzoval úzké místo a navrhl několik řešení na jeho odstranění. V dalším kroku této metody jsem podřídil ostatní úseky, které jsou s daným úzkým místem spojeny, tomuto omezení a minimalizoval jsem prostoje. V celkovém hodnocení se prostoje kalících nádrží vešly pod jednu hodinu za den.

Nejvýraznější zvýšení kapacity kalících nádrží by nastalo po nainstalování ochlazovacího zařízení. Jistě by tento způsob řešení daného problému byl finančně nákladný a na určitou dobu by se omezila výroba, ale do budoucna by se tímto krokem značně navýšil tok materiálu a tím pádem by se zvětšil finanční výdělek a byla by rychlá návratnost investice.

U plánování jednotlivých pecí nedocházelo k maximálnímu využití kapacit. Nejmenší využitelnost kapacit pecí bylo u  $\varnothing$  200-399 mm v pecích č. 21 (ošetření po dokování), č. 2 (kalících pecích) a č. 4 (popouštěcí pece) kde se využitelnost pohybovala mezi 8 – 15 %. Pro zvýšení využitelnosti bych doporučil změny popsané v 4. bodu (vlastní návrhy a řešení) odstavec třetí.

Chtěl bych poděkovat panu Ing. Petru Pustějovskému za poskytnutí cenných rad a informací k vyhotovení této diplomové práce.



## Seznam použitých pramenů

- [1] BASL, J., BLAŽÍČEK, R. *Podnikové informační systémy*. 2. vyd. Praha, 2008. 288 s. ISBN 978-80-247-2279-5
- [2] BASL, J., MAJER, P., ŠMÍRA, M. *Teorie omezení v podnikové praxi*. 1. vyd. Praha, 2003. 216 s. ISBN 80-247-0613-X.
- [3] HOLMES, LINDA E., HENDRICKS, ANN, B. *Is TOC for You? Strategic Finance*. 2005. 86 s.
- [4] BASL, J., TŮMA, M., GASL, V. *Modelování a optimalizace podnikových procesů*. Plzeň: ZŮ v Plzni, 2002. 140 s. ISBN 80-7082-936-2.
- [5] HAVENKA, B. *Projektování výrobních systémů: technologické projekty*. 3. vyd. Brno: CERM, 2005. ISBN 80-214-2878-6.
- [6] MASARIKOVA UNIVERSITA. *Závěrečné práce*. [online], [cit. 2011-4-15] Dostupný z www: <[http://is.muni.cz/th/75179/esf\\_m/Diplomova\\_prace\\_Savicky.pdf](http://is.muni.cz/th/75179/esf_m/Diplomova_prace_Savicky.pdf)>
- [7] JONES, T., COLWYN, DUGDALE, D. *Theory of Constraints: Transforming Ideas?*. British Accounting Review, 1998, 92 s.
- [8] WEB ZDARMA, *Kalení a popouštění* [online], [cit. 2011-4-15] Dostupný z www: <<http://www.elitalycea.wz.cz/files/tep/tep07.pdf>>.
- [9] VŠB-TU OSTRAVA, *Zásady pro vypracování DP* [online], [cit. 2011-5-10] Dostupný z www:<URL: [http://www.fs.vsb.cz/soubory/Zasady\\_pro\\_diplomky.pdf](http://www.fs.vsb.cz/soubory/Zasady_pro_diplomky.pdf)>.
- [10] PETRUŽELKA, J. *Ročníkový projekt. Jak psát bakalářskou práci* [online]. Ostrava: VŠB-TUO, FS, poslední aktualizace 21. 10. 2006 [cit. 2007-04-10]. Dostupný z www:<URL:<http://www.345.vsb.cz/jiripetruzelka/Texty/Jak%20psat.pdf>>.
- [11] ČSN 01 6910 *Úprava písemností psaných strojem nebo zpracovaných textovými editory*. Praha: Český normalizační institut, srpen 1997. 36 s.
- [12] ČSN ISO 690 *Bibliografické citace. Obsah, forma a struktura*. Praha: Český normalizační institut, 1996. 32 s.
- [13] LÍBAL, V. A KOL. *Organizace a řízení výroby*. 7 vyd. Praha: SNTL 1989. 559 s.
- [14] STEHLÍK, A., KAPOUN, J. *Logistika pro manažery*. 7. vyd. Praha: Eokpress, 2009. 269 s. ISBN 978-80-86929-37-8.

## 6. Seznam příloh

1. Příloha č. 1: Pán haly	- 1 -
2. Příloha č. 2: Plánování kalících pecí	- 5 -
3. Příloha č. 3: Plánování pecí na popouštění	- 20 -
4. Příloha č. 4: Plánování pecí na ošetření po dokování	- 32 -
5. Příloha č. 5: Tok materiálu	- 50 -
6. Příloha č. 6: Plánování kalících nádrží	- 51 -